

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**Artigos da revista *Minas Faz Ciência*: a divulgação
científica sob o olhar da sociologia da ciência**

Gabriela Belini Gontijo

Itajubá, abril de 2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

Gabriela Belini Gontijo

Artigos da revista *Minas Faz Ciência*: a divulgação científica sob o olhar da sociologia da ciência

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino e Aprendizagem

Orientadora: Profa. Dra. Jane Raquel Silva de Oliveira

**Abril de 2016
Itajubá**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

Gabriela Belini Gontijo

**Artigos da revista *Minas Faz Ciência*: a divulgação
científica sob o olhar da sociologia da ciência**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 07
de abril de 2016, conferindo ao autor o título de
Mestre em Ciências Mestre em Ensino de Ciências.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Jane Raquel Silva de Oliveira
(orientadora)

Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira

Prof. Dr. João Ricardo Neves da Silva

**Abril de 2016
Itajubá**

À minha mãe Cleunice Belini e ao meu irmão.
Carlos Frederico Belini Gontijo. Sem a força e fé da
minha mãe não seria possível atingir mais esta etapa
da minha vida. O incentivo e apoio da família foram
fundamentais.

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a minha mãe, à qual dedico este trabalho, por ser meu exemplo de mulher guerreira, e ao meu irmão por sempre acreditar que seria possível.

Ao meu marido Guilherme Damasceno Bertolozo, por participar integralmente deste projeto. Às vezes você ficou por último e mesmo assim manteve-se firme ao meu lado. Você é meu companheiro, meu amigo e às vezes meu cúmplice.

Às minhas tias Maria, Hilda e Dunalva, por serem educadoras. Pelas contas e equações tão pacientemente explicadas. Pelas palavras cruzadas que nos esperava nas férias escolares, em suas casas. E pela arguição da tabuada algumas noites. Saibam que o apoio aos meus estudos foi fundamental para hoje eu seguir seus passos.

A Geovânia Pereira dos Reis Mota, pois irmã de coração a gente escolhe. Minha companheira, minha fé nos momentos difíceis. Passamos por cada uma hein!

À minha orientadora, minha parceira, amiga. É bom saber que podemos encontrar pessoas importantes nos lugares menos esperados. Sem você Jane Raquel Silva de Oliveira, não acharia possível continuar a lutar pelos meus sonhos. Às vezes acreditamos pouco em nosso potencial. Aprendi muito com nossos dois anos de relacionamento intenso. Obrigada por cada minuto.

Também gostaria de agradecer ao CNPq pelo apoio e financiamento deste projeto. E à UNIFEI pelos ótimos professores do programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.”*

Albert Einstein

*"Para a treva só há um remédio, a luz. A treva em matéria de inteligência tem o
nome de estupidez. Ideias claras, ciência: eis a única luz que bate a treva da
estupidez. "*

Monteiro Lobato

RESUMO

Alguns estudos apontam para a influência que os textos de divulgação científica (TDC), bem como outros veículos de divulgação da ciência, exercem nas visões que as pessoas têm sobre a ciência. Dessa forma, são necessários estudos que analisem aspectos da natureza da ciência de diversos tipos de TDC, a fim de avaliar seu potencial uso como recurso para o ensino sobre ciência. Nessa perspectiva, lançamos o olhar para uma revista de divulgação científica produzida pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), a revista *Minas Faz Ciência*. Realizamos, inicialmente, um levantamento bibliográfico no qual buscamos, em trabalhos publicados/apresentados em congresso e em revistas da área de ensino de ciência do Brasil, estudos que abordam a seleção, caracterização e análise de TDC para fins pedagógicos. Nesse levantamento, verificamos que poucos trabalhos se dedicaram aos estudos de aspectos da natureza da ciência presentes nos TDC. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi analisar que características da prática da ciência podem ser evidenciadas em artigos de divulgação científica da revista *Minas faz Ciência*. A pesquisa é de natureza qualitativa e do tipo documental. Para compor nosso *corpus* de análise, selecionamos doze artigos da revista publicados entre 2012 e 2014, compreendendo um artigo de cada volume. Para análise do *corpus*, foram adotados como referencial teórico os estudos sobre a sociologia da ciência de Bruno Latour. Nos textos da referida revista, os quais foram analisados por meio da Análise Textual Discursiva, identificamos cinco grandes categorias: os aspectos persuasivos na ciência; a ciência como construção coletiva; a influência de fatores externos na construção dos fatos; a dinâmica de trabalho do pesquisador e o ciclo de credibilidade do pesquisador. Os resultados indicam que tais textos podem ser utilizados como recurso didático na abordagem de algumas características do funcionamento da ciência, bem como na discussão de alguns aspectos da sociologia da ciência, contribuindo para a formação de cidadãos mais críticos e participativos nos acontecimentos relacionados à ciência, tecnologia e sociedade.

Palavras-chave: *texto de divulgação científica, sociologia da ciência, Bruno Latour, Minas Faz Ciência.*

ABSTRACT

Some studies show the influence that popular science texts (PST) and other vehicles for scientific communication exert on people's views concerning science. Thus, studies analyzing the natural aspects of the science found in several types of PST are necessary to evaluate its potential use as a resource for teaching science. In this perspective, the journal *Minas Faz Ciência*, produced by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), was focused. Initially, an investigation of the literature concerning studies on the selection, characterization and analysis of PST for pedagogical purposes, in works published/presented in congresses and journals in the area of science education in Brazil, was performed. In this investigation, it was verified that few works were dedicated to studies approaching the natural aspects of the science found in PST. In this context, the goal of this research was to analyze what characteristics of the scientific practice can be evidenced in scientific articles found in the journal *Minas Faz Ciência*. The research was carried out under a qualitative, documentary method. In order to create the *corpus* to be analyzed, twelve articles of the journal (one article from each volume) that were published between 2012 and 2014 were selected. For the analysis of the *corpus*, studies on Bruno Latour's sociology of science were adopted as the theoretical framework. Through the Discursive Textual Analysis theory, five major categories were identified in the texts belonging to *Minas Faz Ciência*: persuasive aspects of science; science as a collective construction; the influence of external factors on the construction of facts; researchers' work dynamics; and researchers' credibility cycle. The results indicate that these texts can be used as a didactic resource in the approach of some operational characteristics of science, as well as in the discussion of some aspects of the sociology of science. This fact contributes to develop citizens able to be more critical and involved in events related to science, technology and society.

Keywords: *popular science text, sociology of science, Bruno Latour, Minas Faz Ciência.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Revistas de divulgação científica e o respectivo número de trabalhos publicados na área de ensino de ciência que as analisaram.	33
Figura 2.2 – Principais aspectos analisados dos TDC analisados nas pesquisas e o número de trabalhos em que tais aspectos foram investigados.	36
Figura 3.1 - A auto sobrevivência das obras (LATOURE, 2000, p.71).....	56
Figura 3.2 - Ciclo do "fazer ciência". (LATOURE, 2000, p.263)	57
Figura 4.1 - Ciclo de análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 41).....	67
Figura 4.2 - Componentes de uma produção escrita resultante da Analise Textual Discursiva (MORAES e GALLIAZZI, 2007, p. 97)	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1- Lista de revistas da área de ensino de ciência pesquisadas e o período consultado.	29
Quadro 2.2 – Artigos publicados em periódicos da área de ensino de ciência que abordam a seleção, caracterização e análise de TDC.	30
Quadro 2.3 – Trabalhos completos publicados nos Anais do ENPEC que abordam a seleção, caracterização e análise de TDC.....	31
Quadro 5.1- Categorias emergentes da análise dos textos da revista <i>Minas Faz Ciência</i>	71

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos da pesquisa	20
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1.	O discurso da divulgação científica	22
2.2	Pesquisas sobre caracterização e análise de revistas de divulgação científica	28
2.2.1	Revistas de divulgação científica analisadas nas pesquisas	32
2.2.2	Principais aspectos dos TDC analisados nas pesquisas	35
2.2.3	Considerações sobre o uso de TDC em sala de aula	38
2.3	A revista <i>Minas Faz Ciência</i>	40
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	45
3.1	A Sociologia das Ciências	46
3.2	A Sociologia da Ciência na perspectiva de Bruno Latour	50
4.	PERCURSO METODOLÓGICO	63
4.1	Análise Textual Discursiva	66
5.	ANÁLISE DE TEXTOS DA REVISTA <i>MINAS FAZ CIÊNCIA</i>	70
a)	A ciência como construção coletiva	72
b)	A persuasão na ciência	78
c)	Influência dos fatores externos na construção dos fatos.....	83
d)	A dinâmica de trabalho do pesquisador.....	87
e)	Ciclo de credibilidade do pesquisador.....	90
7.	REFERÊNCIAS	98
	ANEXO A	104
	Textos selecionados da revista <i>Minas Faz Ciência</i> , para composição do <i>corpus</i>	104

1 INTRODUÇÃO

A Ciência é uma linguagem que facilita nossa leitura de mundo (Ático Chassot, 2011)

A divulgação científica tem ganhado espaço nas discussões e pesquisas no campo da educação e mais especificamente no ensino de ciências. Segundo Carvalho e Gonzaga (2013), os diversos meios e suportes de divulgação científica têm que ser pensados como um processo de educação científica, possibilitando aos cidadãos o reconhecimento da ciência como parte integrante da cultura humana. A ciência é uma das maneiras humanas de interpretar a realidade e seus resultados repercutem no âmbito social, econômico, tecnológico, cultural e político. Tornar esse conhecimento acessível e passível de discussão entre os vários setores da sociedade é um dos objetivos da popularização da ciência – na qual os textos de divulgação científica ou outros suportes dessa natureza têm um importante papel.

Segundo Caldas et al. (2006), “divulgar ciência é, antes de tudo, entrar no mundo da Ciência, de sua história, do seu desenvolvimento, das suas contradições, de seus paradigmas” (p.13). Nesse sentido, os materiais de divulgação científica devem ser produzidos de tal forma que os cidadãos, por meio da leitura dos textos, venham a ter familiaridade com os fatos científicos, os métodos e os objetivos da ciência. Assim, terão mais possibilidades de fazer julgamentos a respeito do fazer ciências.

Tais colocações vão ao encontro de alguns dos princípios expressos na Declaração sobre a Ciência e a Utilização do Saber Científico, a Declaração de Budapeste (UNESCO, 2003). Esse documento aborda, dentre outras coisas, a relação entre sociedade e o conhecimento, destacando que:

Há consenso quanto ao fato de que o conhecimento é o principal fator de desenvolvimento social e econômico, ou seja, a melhoria do padrão de vida da população e o respeito por um meio ambiente sustentável são decisivos para o bem-estar das gerações futuras.

Foi reconhecido também que o conhecimento, em si, não é capaz de transformar nem as economias nem a sociedade. No entanto, ele pode cumprir essa tarefa no âmbito dos sistemas sociais/nacionais de ciência, tecnologia e inovação (SSI/SNI), que permitem que o conhecimento seja incorporado ao setor produtivo de bens e serviços. Além dos conhecimentos explícitos produzidos pelos processos de P&D, é necessário levar em conta o conhecimento implícito de numerosos atores e instituições públicas e privadas que, direta ou indiretamente, participam do processo de produção, disseminação e assimilação de conhecimento e das inovações da sociedade moderna, articulando diferentes processos de educação em C&T, partindo de diferentes atores

e instituições. Os sistemas sociais/nacionais de ciência, tecnologia e inovação constituem-se de redes de instituições, recursos, interações e relações, mecanismos e instrumentos políticos e de atividades de C&T, que promovem, articulam e materializam processos de inovação e difusão de tecnologia no âmbito da sociedade (produção, importação, adaptação e disseminação de tecnologias) (UNESCO, 2003, p.15-16).

Sob tal perspectiva, na sociedade, o conhecimento é o principal recurso para gerar riquezas e prosperidade, assim como proporcionar o bem estar à população, sendo necessário, pois, evitar a concentração dos conhecimentos científicos e tecnológicos nas classes mais privilegiadas da sociedade e apenas nos países mais desenvolvidos. Assim, a divulgação científica apresenta-se como um desafio de tornar o conhecimento científico acessível.

Dentre os diversos suportes de divulgação científica, os textos de divulgação científica (TDC) têm sido um dos mais empregados e/ou indicados para uso no contexto escolar. Nos últimos anos vários estudos têm sido realizados no intuito de discutir as potencialidades e contribuições dos TDC no ensino de ciências.

Um desses trabalhos foi o realizado por Nascimento e Rezende Junior (2010), no qual foi apresentado um mapeamento da produção sobre divulgação científica na área de educação em ciências no período de 1997 a 2007 em anais de eventos, revistas e bancos de teses e dissertações, buscando identificar as principais temáticas exploradas e os referenciais teóricos neles utilizados. Segundo os autores, destacam-se nas pesquisas aquelas que abordam “aspectos relacionados à leitura de textos de divulgação científica por estudantes e professores de ciências, sendo que alguns desses trabalhos estão especificamente preocupados com o funcionamento de textos e a produção de sentidos pelos sujeitos leitores nos diferentes níveis de ensino” (p.97). Nascimento e Rezende Junior apontam ainda para a necessidade de novos estudos que visem aprofundar questões teóricas da relação entre a divulgação científica e o ensino formal de ciências, a fim de compreendermos um pouco mais sobre os impactos que textos de divulgação proporcionam na formação científica integral dos sujeitos envolvidos.

Outro trabalho dessa natureza é o de Ferreira (2012), que teve como objetivo identificar e analisar, por meio de pesquisa bibliográfica, as principais características das pesquisas que relacionam TDC e o ensino de ciências. Os artigos selecionados pelas autoras foram agrupados nas seguintes categorias temáticas: a) seleção, caracterização e/ou análise de TDC para fins escolares; b) experiências em salas de aula de ciências com TDC; c) formação de professores e o uso de TDC em contextos escolares; d) ponderações sobre divulgação científica e suas implicações no ensino de ciências; e) estado da arte das pesquisas relacionadas à divulgação científica.

Com relação às pesquisas que se debruçaram sobre a categoria “seleção, caracterização e/ou análise de TDC” – na qual a presente pesquisa se insere –, Ferreira (2012) observaram que um dos principais focos de estudos foi a busca, seleção e análise de artigos de divulgação científica que abordam uma área específica do conhecimento, com o objetivo de estabelecer elementos capazes de orientar a seleção de TDC para o ensino das temáticas e áreas em questão. A autora ressalta que trabalhos dessa natureza lançaram seus olhares para uma variedade de revistas – *Superinteressante*, *Galileu*, *Ciência Hoje*, *Scientific American Brasil*, *Veja*, *Época*, *Isto é*, *Capricho* – e jornais – *O Globo*, *O Dia*, *Folha de São Paulo*, *O Estado de São Paulo*, *Jornal do Comércio* e *Zero Hora*. Outro foco foi nesta categoria é a investigação sobre as potencialidades didáticas de textos de divulgação científica com vistas a identificar a forma como notícias científicas são veiculadas em jornais, como *Folha de São Paulo* e *O Estado de São Paulo*, e na revista *Superinteressante*. Ferreira também observou que algumas pesquisas buscaram investigar vários aspectos relacionados à linguagem dos artigos de divulgação científica, como: identificação da presença de analogias, de multimodalidade, de características do discurso da divulgação científica e de elementos de construção de sentidos em materiais dessa natureza.

É importante destacar que, de um modo geral, poucos são os trabalhos que se dedicaram a analisar aspectos da natureza da ciência em textos de divulgação científica. Esse aspecto nos chamou a atenção, uma vez que os diversos veículos de divulgação têm um forte papel na construção do imaginário social que as pessoas – incluindo o público escolar – têm sobre a ciência.

Um trabalho que buscou estudar tais questões é o de Urias e Assis (2012), no qual foi realizada uma análise dois livros que apresentam biografias Albert Einstein. Preocupados em como o conhecimento sobre tal cientista chega ao público, os autores buscaram identificar as visões de ciência e do cientista expressas nessas obras. Em uma delas, o autor se preocupou em evidenciar um cientista como super-humano, exaltando suas virtudes, com um caráter exemplar, sem falhas, colocando suas descobertas como atos heroicos. A outra obra mostra que Albert Einstein foi um cientista que associou ideias de outros cientistas, destacando ainda que Einstein foi profundamente influenciado por filósofos e cientistas, além de relatar sua dificuldade com a matemática. A pesquisa de Urias e Assis (2012) demonstra que materiais de divulgação científica podem apresentar formas muito distintas no que se refere às visões de ciência e de cientista que veiculam.

Outro trabalho que também buscou analisar as visões de ciência veiculadas em materiais de divulgação científica é dos autores Silva et al (2012). Nesse estudo, os autores

procuraram analisar como as mídias de animação infantil, apresentam a ciência e o cientista. Eles apontam que as principais visões de cientistas apresentadas nesses tipos de mídias – animações – são relativas a um

[...]conhecimento descontextualizado e socialmente neutro, falta de problematização dos interesses do cientista; cientista/pesquisador individualista e elitista, conhecimento científico como obra de um “gênio”; percepção empírico-indutivista-teórica - ao qual a observação orienta seu trabalho e não as teorias; conhecimento científico linear, visão do método científico como sendo único e infalível (SILVA et al, 2012, p.2).

No estudo de Silva et al. (2012) foi aplicado um questionário aos alunos do 9º ano antes da exibição do filme e outro após a exibição do filme “Os Smurfs”. No primeiro, foram questionados se eles já haviam assistido ao filme e se tinham percebido a presença de cientistas; também questionou-se se os estudantes conheciam um cientista ou se tinham alguma representação sobre ele. Já no segundo, o questionamento era sobre a presença de cientistas no filme, perguntando inclusive o nome deles, bem como uma descrição de suas ideias a respeito da ciência e do cientista apresentada no filme “Os Smurfs”.

Com base nas respostas dos alunos foi possível detectar que eles relacionaram a ideia de ciência com a bruxaria ou a relacionam a ciência à alquimia; também apresentam a ideia de que a ciência está relacionada à vida das pessoas, pois esta desenvolve tecnologias que facilitam a vida. Desta forma, os autores salientam que para trabalhar com animações há a necessidade de uma intervenção – preparar os estudantes para as imagens que serão transmitidas – por parte do professor no sentido de “mostrar a verdadeira realidade referente à profissão de cientista e de como e onde são realizadas as pesquisas científicas” (SILVA et al., 2012, p.2).

Analisar as concepções que as pessoas têm sobre ciência e tecnologia não tem sido tem sido uma preocupação exclusiva de educadores. Uma pesquisa sobre percepção pública da ciência realizada em 2015 pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) teve como objetivo levantar informações sobre o interesse, grau de informação, atitudes, visões e conhecimento que os brasileiros têm da Ciência e Tecnologia. A pesquisa revelou também alguns cenários que merecem atenção: se por um lado 61% dos entrevistados manifestaram ter interesse em temas da ciência e tecnologia, um percentual bem menor (38%) indicou não possuir interesse ou possui pouco interesse sobre tais assuntos, sobretudo pelo fato de não entendê-los (BRASIL, 2015)

O estudo também mostrou alguns conhecimentos e percepções que as pessoas têm sobre a atividade científica. Uma visão positiva, no qual o cientista é visto como um agente de

transformação social, que contribui para o crescimento do país e o bem-estar da sociedade (50%). Além disso, ainda permanecem algumas concepções de cientista como uma pessoa excêntrica que fala de forma complicada e que se interessa por temas distantes da realidade das pessoas. Para muitos dos entrevistados (38,5%), os cientistas são pessoas inteligentes que fazem coisas úteis à humanidade. Também identificaram que poucas pessoas leem sobre ciência em jornais (32%) ou revistas (35%), apesar de mais de (40%) considerarem a TV, Internet e jornais impressos como veículos de divulgação dos avanços científicos. (BRASIL, 2015).

Também em 2015 um trabalho inédito da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em parceria com o Observatório InCiTe (Inovação, Cidadania e Tecnociência), com o apoio da Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), divulgou no mês de junho os resultados referentes a esse tipo de estudo no estado de Minas Gerais. Segundo o site da agência, é a primeira pesquisa realizada que mede indicadores da opinião pública sobre Ciência e Tecnologia (C&T) no Estado.

De forma similar à pesquisa realizada no Brasil, os entrevistados em geral estão otimistas, prevalecendo a percepção dos benefícios da pesquisa científica (56%), a confiança nos cientistas e no seu trabalho, e a valorização da importância do investimento público em C&T. Apesar das boas perspectivas e apoio da população sobre C&T, as pesquisas apontaram que o acesso da população à informação científica e tecnológica, de qualidade, ainda é baixo, marcado por grandes desigualdades, ficando muito aquém as pesquisas realizadas no Brasil, de acordo com a FAPEMIG

Sob um outro olhar, Cordeiro e Valente (2013) realizaram uma pesquisa analisando o interesse dos pesquisadores em divulgar ciência. O objetivo dos autores, pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), foi conhecer mais sobre a visão dos cientistas acerca da divulgação científica no Brasil. Os dados possibilitaram reunir informações a respeito da percepção e engajamento do pesquisador na prática da divulgação científica ao público não especializado, apontando alguns problemas e limitações em divulgar para esse público, como a falta de incentivo no Brasil para a produção de material não acadêmico. Também identificaram dificuldade dos pesquisadores na prática de divulgar a ciência para o público não especializado, os quais consideraram necessário aprender métodos para tal. Um percentual interessante entre os pesquisadores (84%) declararam já ter divulgado ciência para o público não especializado, enquanto que 39% não têm publicações na área. Quanto às dificuldades em divulgar ciências para o grande público, 83% declaram não ter tempo, 72% não têm interesse por esse público, ao passo que, 56% não sabem adequar a linguagem para tais pessoas. Talvez esse distanciamento do pesquisador em

relação ao grande público possa por favorecer algumas das visões equivocadas que as pessoas têm sobre seu trabalho.

Vários trabalhos na literatura têm dado destaque à importância de se promover uma educação científica que contemple visões mais adequadas sobre o fazer científico, uma vez que ainda existe um grande distanciamento entre o funcionamento da ciência e as concepções dos estudantes, ou mesmo da sociedade em geral, sobre a mesma. Acreditamos que uma compressão sobre os métodos da ciência pode proporcionar uma visão crítica aos estudantes. Para alcançar esse objetivo é importante que os professores também dominem a compreensão da natureza da ciência, das práticas geradoras do conhecimento científico e da natureza deste conhecimento. Além disso, são necessários recursos didáticos que possam ser empregados no sentido de favorecer o desenvolvimento de tais compreensões, uma vez que alguns materiais, como até mesmo os livros didáticos, apresentam visões inadequadas sobre a construção da ciência.

Conforme já descrevemos anteriormente, além dos livros didáticos, podemos encontrar uma visão errônea das ciências em alguns materiais de divulgação científica. Nesses materiais, em muitos casos, a ciência é vista como individualista (o trabalho científico aparece realizado por uma só pessoa), papel exclusivo dos homens, feita por pessoas com inteligências acima da média, muito dedicadas às suas experiências e sem vida social ou afetiva, entre outras. Essa imagem estereotipada do cientista e da ciência que é veiculada na mídia pode afastar os alunos das ciências, como também acaba por dificultar o trabalho de construção do conhecimento científico em sala de aula. Cachapuz et al. (2011), ao discutirem as distorções nas visões de ciência, afirmam que “visões empobrecidas criam o desinteresse, quando não a rejeição, de muitos estudantes e se convertem num obstáculo para a aprendizagem” (p.38).

Tais colocações demonstram que pesquisas que busquem identificar características da natureza da ciência nos materiais de divulgação científica são necessárias, a fim de poder oferecer parâmetros para escolha de materiais mais adequados a uma educação científica de qualidade. É dentro deste contexto que a presente pesquisa se insere, a qual procura colocar em destaque a relação entre a divulgação científica e a natureza da ciência, revelando a importante preocupação quanto à maneira como os diversos suportes de divulgação científica veiculam imagens sobre o fazer científico.

Escolhemos para este estudo a revista *Minas Faz Ciência*. Essa é uma revista de divulgação científica, publicada trimestralmente de distribuição gratuita e produzida pela FAPEMIG.

Poucos estudos sobre essa revista foram encontrados na literatura. Um deles é o trabalho de Ocáriz (2013), uma pesquisa no campo do jornalismo, que teve como objetivo

analisar as cartas do leitor. Considerando que, por ser uma revista de divulgação científica ligada a uma agência de fomento à pesquisa, acreditamos que ela possa ser utilizada no ensino de ciências, o que evidencia a importância de estudos que a tomem como objeto de estudo.

Outro ponto que também levamos em conta no delineamento desse estudo é que, conforme Justi (2013), não há consenso a respeito do conceito de natureza da ciência (NdC) nas diversas áreas do conhecimento. Isso pode ser justificado pela abrangência da Ciência em todas as áreas. Justi identifica como conceito mais usado aquele no qual a natureza da ciência é caracterizada por um conhecimento científico provisório, com bases empíricas, subjetivo, parcialmente um produto da inferência, criatividade e imaginação humanas, contextualizado social e culturalmente. A autora destaca ainda que “é essencial que pesquisadores interessados nesta temática não restrinjam seus estudos às contribuições da filosofia e da história que, apesar de muito importantes, limitam a visão sobre ciências” (JUSTI, 2013, p.5). Nesse sentido, defende uma visão mais ampla dos estudos sobre a prática da ciência, com contribuições de diversos campos com a sociologia, psicologia, economia, antropologia.

Nossa pesquisa adota tal perspectiva, uma vez que defendemos um estudo de textos de divulgação científica sob o olhar da sociologia da ciência, pautados sobretudo nos estudos de natureza etnográfica de Bruno Latour sobre a construção dos fatos científicos, conforme detalharemos mais adiante. Reforçando nosso olhar sobre a sociologia da ciência, na visão de Bruno Latour, o trabalho das autoras Vianna e Carvalho (2006) apontam que o ensino de ciências é uma das áreas na qual os alunos mais encontram dificuldades. Para tentar reduzir ou minimizar tal entrave as autoras destacam a necessidade de “olhar para dentro do produto, entendendo a sua construção, o que é transmitido pelos professores aos alunos. Para isto foi necessário entender como os cientistas agem e como constroem seu conhecimento” (VIANNA; CARVALHO, 2006, p. 14). Ressaltam ainda que esta aproximação como o cotidiano dos cientistas possa facilitar o ensino das ciências, pois “trabalhar com a construção da ciência certamente é um dos caminhos para a melhoria do seu ensino.” (VIANNA; CARVALHO, 2006, p. 18), o que nos aponta para a importância de compreender os aspectos sociológicos da ciência na Educação Básica.

Nesse contexto o capítulo 2 desta dissertação descrevemos uma revisão de literatura na qual apresentamos inicialmente algumas considerações sobre o discurso da divulgação científica, com destaque para a construção discursiva do TDC. Em seguida, apresentamos um panorama sobre as pesquisas publicadas/apresentadas em congresso e em revistas da área de ensino de ciências no Brasil que abordam a seleção, caracterização e análise de TDC para fins pedagógicos. Para essa revisão, apresentamos uma análise dos trabalhos selecionados

discutindo os seguintes aspectos: a) quais as principais revistas de divulgação científica analisadas nos trabalhos; b) que aspectos dos TDC são analisados nas referidas pesquisas; c) considerações apresentadas pelos pesquisadores sobre o uso do TDC para a sala de aula. Por fim, ainda nesse capítulo, descrevemos algumas características de nosso objeto de estudo – a revista *Minas Faz Ciência*.

O capítulo 3 descreve os referenciais teóricos adotados para este estudo. Apresentamos inicialmente algumas breves considerações sobre a sociologia da ciência. Em seguida, detalhamos alguns elementos oriundos da perspectiva da sociologia da ciência de Bruno Latour que consideramos úteis para os objetivos deste estudo.

Já no capítulo 4 apresentamos os procedimentos metodológicos. Nele, expomos a natureza da pesquisa realizada, bem como os procedimentos e principais critérios utilizados na seleção dos textos de divulgação científica da revista *Minas Faz Ciência* para fins de análise (*corpus* analítico). Além disso, descrevemos a metodologia de análise adotada para esta pesquisa – a Análise Textual Discursiva.

Os resultados e discussão da análise dos textos selecionados para compor nosso *corpus* de análise estão descritos no Capítulo 5. Evidenciamos cinco grandes categorias: a ciência como construção coletiva, a persuasão na ciência, influência dos fatores externos na construção dos fatos; a dinâmica de trabalho do pesquisador e o ciclo de credibilidade do pesquisador.

As considerações finais são descritas no Capítulo 6, nas quais apresentamos alguns apontamentos sobre os trabalhos dos TDC desenvolvidos na pesquisa.

A seguir, apresentamos os objetivos, gerais e específicos, delineados para esta pesquisa.

1.1 Objetivos da pesquisa

Considerando a importância da divulgação científica como veículo de informações de ciência e sobre ciência, bem como suas possibilidades de uso na educação científica, nesta pesquisa lançamos o olhar para a revista de divulgação científica *Minas Faz Ciência* no intuito de investigar seu potencial para abordagem de aspectos da prática da ciência no contexto educacional.

Para tal, delineamos o seguinte o objetivo geral: analisar quais características da prática da ciência podem ser evidenciadas em artigos de divulgação científica da revista *Minas Faz Ciência*.

A partir desse objetivo mais amplo, tecemos os seguintes objetivos específicos:

- Selecionar e identificar aspectos da prática da ciência, sob a perspectiva da sociologia da ciência de Bruno Latour, presente em textos da revista *Minas Faz Ciência*.
- Discutir o potencial de textos da *Minas Faz Ciência* como recurso didático para abordagem de aspectos da prática da ciência na educação científica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para alcançar-se ao nível da consciência crítica os sujeitos (educadores e educandos) precisam produzir as condições em que aprender criticamente seja possível e estas condições implicam em atitude de curiosidade, inquietude, humildade, criatividade, persistência e esperança. (Anna Rosa Fontella Santiago, 2012)

2.1. O discurso da divulgação científica

Vivemos numa época na qual o conhecimento científico e tecnológico afeta diretamente a organização das sociedades, pois há interesse cada vez maior das pessoas por informações relacionadas à ciência, à cultura e à tecnologia. Percebe-se então um esforço, consistente e organizado, dos meios de comunicação para a popularização da ciência e para o entendimento público de sua relevância social. Dessa forma, falar sobre ciência é colocá-la a serviço da sociedade, apontando sua aplicação, abarcando temas que alcançam o cotidiano. Nesse contexto, a mídia – revistas, jornais, TV, Internet, entre outros – tornou-se responsável por transmitir as “novidades” da ciência e tecnologia para o mundo, provocando um estreitamento das fronteiras entre ciência e público geral.

A integração do leitor com o avanço das pesquisas científicas e tecnológicas pode ocorrer por meio da modalidade textual chamada de textos de divulgação científica. Essa possui finalidade discursiva pautada na divulgação de conhecimentos do saber científico (SILVA, 2007). Para que o produto final, ou seja, o TDC alcance as coletividades e a população como um todo, é necessário o processo de divulgação científica, o qual é veiculado por diversos suportes de comunicação, como jornais, revistas, livros ou meio eletrônico.

Nas pesquisas realizadas em busca de uma definição para os TDC, encontramos divergências entre as áreas de interesse e entre os pares. Uma das razões para tais divergências pode ser a forma como os textos se estruturam, uma vez que este se interliga a vários fatores, como assunto, público-alvo, emissor, momento histórico, dentre outros, conforme discutimos a seguir.

No campo jornalístico, Cássio Vieira, no livro "Pequeno manual de divulgação científica" (VIEIRA, 1999), explicita formas de elaboração de um texto que atraia o leitor, mas não define divulgação científica e nem aponta quais os aspectos linguísticos são necessários

para se considerar uma produção textual como um TDC. Os pares José Reis, Wilson da Costa Bueno e José Marques de Melo também discutiram o conceito de divulgação científica e sua íntima relação com o jornalismo científico.

Bueno (2012) concebe a divulgação científica como sendo um tipo de discurso voltado ao público geral, formador de opinião, incluindo além de revistas e jornais, as aulas de ciências, os cursos de extensão para não especialistas, as histórias em quadrinhos, os suplementos infantis, folhetos utilizados na prática de extensão rural ou em campanhas educacionais, documentários, programas especiais de rádio e televisão etc.

Além desses, também podemos considerar como veículos de divulgação científica os textos de histórias em quadrinhos, filmes cinematográficos e livros paradidáticos que veiculam conteúdos de ciência, mesmo não compartilhando as condições como jornais, revistas e exposições museográficas. Portanto, restringir a popularização da ciência aos textos escritos que circulam em jornais e revistas seria ignorar seu alcance e sua abrangência.

Por ser um discurso constituído por elementos de esferas diferentes, o discurso científico se torna complexo em sua análise e interpretação, assim como a sua constituição e formulação. Do nosso ponto de vista, essa é uma questão bastante polêmica. Entretanto existe um caminho que aponta para a noção de discurso da divulgação científica como um discurso próprio e diferente do discurso científico.

Nesta seção, apresentamos os principais argumentos utilizados por Lilian Zamboni (1997) ao buscar caracterizar o discurso da divulgação científica como sendo um gênero do discurso e justificar o porquê de adotar tais argumentos na definição de divulgação científica empregada nesta pesquisa.

Em sua tese “Heterogeneidade e Subjetividade no Discurso da Divulgação Científica”, Zamboni (1997) discute os mecanismos que envolvem a constituição da divulgação científica, apontando alguns problemas da concepção de que o discurso da divulgação científica é uma prática de reformulação do discurso fonte - científico.

Zamboni salienta uma dualidade nos conceitos apresentados por Bueno (1984), no qual ora sua classificação “se baseia na caracterização do público-alvo da difusão científica, ora na modificação por que deve passar a linguagem hermética da ciência quando ultrapassa os muros da comunidade científica e chega aos olhos e ouvidos do homem comum” (ZAMBONI, 1997, p.71).

Para a autora, a “atividade de divulgar conhecimentos novos se sustenta na função de partilha do saber, função que se reveste de reconhecida necessidade social diante da velocidade com que se acumulam os novos saberes, se conquistam as novas técnicas, se garantem novos

procedimentos” (ZAMBONI, 1997, p.72). Desse modo, o discurso da divulgação científica é de informar conhecimentos produzidos na ciência que possam contribuir para melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, além de possuir um caráter educativo.

Dessa forma, Zamboni (1997) lança um olhar para a divulgação científica como um discurso independente, compreendido como uma prática social na qual os sujeitos comunicam conhecimentos relacionados à ciência para um público formado por não especialistas. Por estar próximo de nossas convicções sobre o gênero divulgação científica, tomamos como referencial a autora Zamboni

Para que as informações cheguem ao público é necessária uma decodificação da linguagem científica, elaborada pelo divulgador para o público leigo. Os divulgadores são detentores de formações imaginárias - ao invés de ver os protagonistas do discurso como indivíduos, conseguem visualizá-los como representantes de lugares determinados em uma estrutura social (MENDES, 2008) - com foco de interesse no conhecimento científico, a fim de retransmiti-los ao público, por meio de seus escritos chamados textos de divulgação científica.

Segundo Zamboni, o gênero TDC necessita de discurso fonte (texto original) e um público aberto leigo (o destinatário) em matéria de ciência, formando um conjunto de enunciados nos quais o divulgador fala por um (o cientista) e para um outro (o público). O objetivo de quem informa sobre ciência é transformar conhecimento científico em conteúdo divulgador, constituído a partir da fusão de diferentes domínios discursivos como o discurso científico, o jornalístico e o cotidiano.

Nos textos de divulgação científica, o tema científico é desenvolvido de forma acessível ao leitor leigo, combinando características próprias do texto didático às dos textos jornalísticos (ZAMBONI, 1997). Trata-se de um novo discurso, com traços próprios e marcantes, que está sujeito a riscos de distorção, no sentido de simplificar em demasia. O rigorismo presente no discurso científico é posto de lado, pois na divulgação científica o que interessa é envolver o leitor, num ritmo cativante, aproximando-o da ciência. De acordo com essa perspectiva, a divulgação científica é considerada um gênero do discurso distinto do gênero discursivo da ciência e para nossas análises adotaremos a compreensão da autora, por considerarmos que ela está mais próxima das concepções de divulgação científica adotadas nesta pesquisa.

Assim, o TDC consiste de uma atividade discursiva no campo de transmissão de informações, visto que se desenvolve em condições diferentes daquelas em que o conhecimento científico é produzido, relacionadas com o enunciador/autor, com o destinatário (público não especializado), com o tratamento a ser dado ao assunto e com a construção composicional.

Alterando-se os lugares dos protagonistas da cena enunciativa, restam alteradas todas as demais configurações do cenário, inclusive o canal da comunicação (geralmente a imprensa escrita, falada e televisionada), a modalidade de linguagem empregada, as fontes de informação, o tratamento do assunto, o formato do texto-produto. Submetido a outras condições de produção, o discurso científico deixa de ser o que é. Passa a ser um outro discurso, ou uma outra formação discursiva, que se situa num outro lugar, diferente do lugar onde se situa o discurso científico. (ZAMBONI, 1997, p.89)

Nesse sentido, é possível discutir os TDC como um gênero do discurso. Segundo Zamboni, os gêneros discursivos refletem as condições específicas e as finalidades no tocante a três aspectos: conteúdo temático, estilo verbal e construção composicional. Com relação ao tema, o gênero discurso da divulgação científica está garantido, pois veicula conteúdos próprios à temática científica englobando temas sobre “ciência e tecnologia” (campo de transmissão de informações) ao público leigo. No que diz respeito ao estilo, o discurso da divulgação científica deve dispensar a linguagem esotérica da ciência (especializada, compreensível dentro da comunidade científica) exigida pelo discurso científico e abrir-se para o emprego de analogias, aproximações, comparações e simplificações, contribuindo para corporificar o estilo da atividade de vulgarização discursiva. No aspecto composicional, o tipo de relação entre o locutor e os parceiros da comunicação verbal vai colocar em funcionamento procedimentos discursivos variados, que incluem, entre outros, a recuperação de conhecimentos científicos tácitos, fórmulas de envolvimento, segmentação da informação (ZAMBONI, 1997, p.121).

Tomando como base Bakhtin em “Gênero do Discurso” (1929), Zamboni (1997) defende o gênero de divulgação científica como gênero particular de discurso, pois desloca a ciência de seu campo específico, difundindo-a para os estratos leigos da sociedade.

Se é constitutivo do discurso estar voltado para o destinatário, e se esse destinatário se concebe diferentemente em diferentes condições de produção, tal como ocorre com os destinatários do discurso científico e com os do discurso da divulgação científica, é lícito concluirmos que estamos diante de dois gêneros discursivos distintos, e mais, colocados em funcionamento em campos discursivos distintos. (ZAMBONI, 1997, p.127)

Portanto, a ciência, dos cientistas, pode ser então compreendida e permeada por meio do discurso de divulgação científica. Utilizando códigos no nível do destinatário a partir de um discurso matriz, inclui a evolução nas pesquisas em ciências e tecnologia no contexto social e cultural do receptor da mensagem de divulgação científica.

Zamboni (1997) ressalta as peculiaridades desse gênero, com métodos como o uso das “aspas” ou itálicos nas partes léxicas diferenciando do resto do corpo, assumindo um valor

conotativo para uma melhor assimilação do conteúdo científico, aproximando do léxico comum do público. A autora ainda aponta para nomeação (função legitimadora), que melhor elucida as questões, como, “*o nome da nova teoria é ...*”, “*o método de pesquisa é denominado...*”, entre outros. Essa reconstrução do discurso tem vistas a “facilitar a compreensibilidade, na tentativa de aproximar o leigo do recorte de mundo de que vai se tratar” (ZAMBONI, 1997, p. 177), ou seja, aproximando o leitor do conhecimento científico. Portanto, nesse processo, tem-se a constituição de um novo gênero de discurso, no qual o divulgador/jornalista está intimamente conectado à ciência, à mídia e ao público leitor.

Vale ressaltar que nesse novo discurso não ocorre uma ruptura com o saber científico, é apenas uma produção com o intuito de aproximar e informar ao público sobre os avanços nas pesquisas científicas e tecnológicas, mas também não podemos deixar de lado outro tipo de interferência no texto produzido pelo divulgador como os editores e todas as normas do meio que veiculará a informação.

Além disso, a fim de obedecer à estrutura desse gênero textual, o divulgador de ciência deve seguir parâmetros como clareza e simplicidade, no intuito de manter o vínculo com o público, sem desvirtuar a essência do conhecimento científico. Em outras palavras, a função dos TDC é uma retextualização, a partir do qual se constrói o novo gênero, transpondo a linguagem dos artigos acadêmicos para um nível mais próximo dos interlocutores. Ocorre uma adequação da linguagem e do estilo levando em consideração o perfil do público-alvo. Podemos perceber tal mudança, por exemplo, em um texto se destina às crianças e em outro que se destina aos jovens. Todas as estratégias adotadas têm como o objetivo que a informação contida no texto possa ser compreendida pelo leitor.

Esse novo gênero, na perspectiva de Zamboni (1997), é uma das representações mais correntes sobre a atividade de divulgar conhecimentos novos partilhando o saber, visto a necessidade social diante da velocidade com que se acumulam os novos saberes. Cabe à divulgação científica a partilha social do saber, “o conhecimento do qual ele historicamente foi apartado e do qual se foi-se mantendo cada vez mais distanciado, à medida que as ciências se desenvolviam e se especializavam.” (p. 73).

Na popularização da ciência, tipicamente o ouvinte/leitor é a instância comunicativa que, na relação assimétrica no tocante à competência temática, assume o lugar daquele que não sabe, no sentido de que é aquele que não pertence à comunidade dos ouvintes/leitores especializados. Essa identidade discursiva determina estratégias de verbalização, cruciais nas interações entre aquele que sabe e aquele que não sabe, porque conteúdos relativamente complexos e/ou abstratos precisam ser comunicados de modo a possibilitar que o ouvinte/leitor

a eles tenha acesso. Essas estratégias envolvem estruturas léxico-sintáticas, organização e estrutura textual, estruturas retóricas e estilísticas, entre outras.

Um texto publicado na revista *Ciência Hoje* possui uma linguagem diferente nos textos publicados na revista *Veja*, por exemplo (JORGE; ESCOLANO; CASSIOLATO, 2011). Acreditamos que os TDC sejam um material rico em possibilidades. A inclusão maior ou menor de elementos narrativos como linguagem coloquial, metáforas, comparações, exemplificações, nos levaram a questionar se entre os meios de veiculação impresso de divulgação científica há distinção. De acordo com Vargas (2002), os veículos impressos de divulgação científica podem ser classificados de acordo com seu público-alvo.

Vargas (2002) separou os TDC em duas categorias, chamando de “texto de vulgarização ou popularização” os TDC destinados a transmitir a informação de forma compreensível a um público supostamente leigo (não-especialista). Já o “texto de divulgação científica” é aquele destinado a um leitor detém um conhecimento prévio acerca das teorias e bases científicas. Para a autora, os textos técnicos, como os artigos científicos, por exemplo, são destinados a especialistas em alguma área do saber que possuem conhecimento prévio sobre a pesquisa abordada. Estes textos têm como objetivo registrar o saber científico. São veiculados por meio de colóquios, congressos e outros eventos que possuem como público-alvo especialistas.

Os textos de divulgação científica direcionados ao leitor que possui um conhecimento prévio (especialistas ou não) têm como objetivo veicular o saber científico por meio de revistas como *Scientific American*, *Ciência Hoje*, *Pesquisa FAPESP*, entre outras, além dos jornais de circulação restrita. Os textos de popularização científica elaborados para o público mais leigo (sem conhecimentos prévios) têm como finalidade informar as novidades científicas e tecnológicas. Esses textos são publicados em veículos de grande alcance, como as revistas *Galileu*, *Superinteressante*, *Época*, *Veja* e outras (VARGAS, 2002).

Sustentando sua classificação, Vargas (2002) ressalta que as revistas de popularização científica constroem seus textos a partir da obra secundária, ou seja, a partir dos textos de divulgação científica, desta forma não podem ser considerados como tal. Dessa forma, Vargas considera que os textos de divulgação científica não podem ser comparados, ou melhor, não podem ser classificados como iguais, visto que os TDC servem como base para a construção dos textos de popularização da ciência.

Cabe, portanto, aos professores a tarefa selecionar o texto de divulgação científica e desenvolvê-los com seus alunos. O trabalho com esse gênero pode capacitar os alunos a se posicionarem criticamente em relação aos “achados” científicos, bem como no tocante às

diferentes vozes presentes nesses textos, pois esses trabalham num nível intermediário entre os conhecimentos do senso comum e aqueles das ciências especializadas, às vezes bastante áridos, abstratos e complexos para os alunos desta faixa etária. Além de informar o público em geral sobre pesquisas científicas pode influenciar na mudança e/ou permanência de práticas, de hábitos e de comportamentos de uma sociedade (TERRAZZAN, GABANA, 2003).

Tais considerações acerca do discurso da divulgação científica nos auxiliaram a melhor compreender nosso objeto de estudo – os textos de divulgação científica da revista *Minas Faz Ciência* –, identificando as características mais comuns desse gênero textual e sobretudo o tipo de público para os qual tais textos geralmente são direcionados.

2.2 Pesquisas sobre caracterização e análise de revistas de divulgação científica

Várias pesquisas têm se voltado ao estudo dos textos de divulgação científica procurando mostrar suas possibilidades na abordagem de diversas temáticas, na compreensão dos conteúdos científicos e no questionamento crítico sobre o tema. Nesse contexto, realizamos uma revisão bibliográfica na qual buscamos identificar e discutir os trabalhos publicados na área de ensino de ciências que abordam a seleção, caracterização e análise de TDC para fins pedagógicos. Sendo o objetivo desta pesquisa um estudo de análise de uma revista de divulgação científica – a revista *Minas Faz Ciência* –, focamos essa revisão bibliográfica sobre esse tipo de veículo. Para tanto, a busca foi realizada em artigos completos publicados em periódicos nacionais da área de ensino de ciências e nas atas dos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC).

Localizamos inicialmente os trabalhos publicados nos periódicos na forma de textos completos disponíveis no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), uma biblioteca virtual que reúne e disponibiliza às instituições de ensino e pesquisa no Brasil, parte da produção científica nacional e internacional. O critério de seleção dos periódicos foi a sua avaliação junto ao Qualis da CAPES. O Qualis é um programa que corresponde ao conjunto de procedimentos utilizados pela CAPES para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação, que os classifica em indicativos da qualidade: A1, o mais elevado; A2; B1; B2; B3; B4; B5; C, respectivamente.

Estabelecemos como critério selecionar artigos pertencentes a periódicos avaliados com conceito A1, A2, B1 e B2, em português. A lista das revistas pesquisadas e o período consultado encontram-se no Quadro 2.1.

Quadro 2.1- Lista de revistas da área de ensino de ciência pesquisadas e o período consultado.

Revistas	Período consultado
Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia	2008 – 2013
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	1994 – 2013
Cadernos CEDES	1997 – 2013
Cadernos de Pesquisa (Fundação Carlos Chagas)	1999 – 2013
Cadernos de Saúde Pública	1985 – 2013
Ciência e Educação	2003 – 2013
Ciência e Ensino	1996 – 2008
Educação e Pesquisa	1999 – 2013
Educação e Realidade	2006 – 2013
Educação e Sociedade	1997 – 2013
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	2004 – 2013
Experiências em Ensino de Ciências	2006 – 2013
História, Ciências, Saúde-Manguinhos	1994 – 2013
Investigações em Ensino de Ciências	1996 – 2013
Kriterion – Revista de Filosofia	2002 – 2013
Pesquisa em Educação Ambiental	2008 – 2013
Pro-Posições	1990 – 2013
Química Nova na Escola	1995 – 2013
Revista Brasileira de Educação	2000 – 2013
Revista Brasileira de Ensino de Física	1979 – 2013
Revista Brasileira de História da Ciência	1985 – 2013
Revista Brasileira de Informática na Educação	2005 – 2013
Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	2001 – 2013
Revista de Ensino de Engenharia	2005 – 2013
Zetetike (Faculdade de Educação da UNICAMP)	1993 – 2013

Fonte: autores

Tendo como objetivo nesta revisão realizar o levantamento das pesquisas voltadas à seleção e caracterização de TDC para fins pedagógicos, excluimos aquelas pesquisas relacionadas à área de ensino de matemática e optamos apenas por aquelas relacionadas ao ensino de ciências da natureza, que compreende as áreas de Biologia, Física e Química. Foram um total de vinte e cinco revistas (periódicos) pesquisadas, cujo intervalo de tempo foi variado, pois corresponde aos números disponíveis no Portal da CAPES.

Além dos periódicos investigados, também pesquisamos todos os trabalhos apresentados nos Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), no

intervalo de 1997 a 2013, disponíveis no próprio site. O ENPEC é um evento bienal promovido pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) que tem como objetivo reunir e favorecer a interação entre os pesquisadores das áreas de Ensino de Ciências, com a finalidade de discutir trabalhos de pesquisa recentes. Os trabalhos pesquisados no evento compõem textos completos apresentados em sessões de comunicação oral.

Escolhemos o evento devido sua representatividade junto à área de educação em ciências no Brasil. Desde a sua primeira edição, o evento vem contando com grande participação de pesquisadores e educadores da área. Os textos apresentados no evento, além da grande maioria serem inéditos, consistem em rica fonte de dados para obtermos um panorama das tendências tanto daquilo que tem sido alvo das pesquisas acadêmicas voltadas ao uso de TDC, como das estratégias e recursos didáticos utilizados por professores.

Para a seleção dos trabalhos, utilizamos palavras identificadoras como texto de divulgação científica, mídia, revista, literatura de divulgação científica, artigo de divulgação científica, divulgação da ciência, popularização da ciência e afins, pois equivalem como o foco da revisão. Como algumas vezes tais palavras não apareciam no título, voltamos também nosso olhar para as palavras-chaves e os resumos dos trabalhos. Como a abordagem desta dissertação está voltado para textos de divulgação científica em revistas, não incluímos em nossa seleção trabalhos que apresentavam análise de jornais, livros entre outros. As listas dos trabalhos selecionados se encontram nos Quadros 2.2 e 2.3.

Quadro 2.2 – Artigos publicados em periódicos da área de ensino de ciência que abordam a seleção, caracterização e análise de TDC.

Periódico	Ano	Título do trabalho	Autor(es)
CAD. BRAS. DE ENSINO DE FÍSICA	2004	A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos	Xavier e Kerr
CIÊNCIA E EDUCAÇÃO	2007	A ciência nos meios de comunicação de massa: divulgação de conhecimento ou reforço do imaginário social?	Pechula
ALEXANDRIA	2008	Entre receitas, programas e códigos: metáforas e ideias sobre gene na divulgação científica e no contexto escolar	Goldbach e El-Hani

ALEXANDRIA	2009	Educação científica na mídia impressa brasileira: avaliação da divulgação de biologia celular em jornais e revistas selecionados	Legey, Juberg e Coutinho
CIÊNCIA E EDUCAÇÃO	2010	Análise da relação entre força e movimento em uma revista de divulgação científica	Gomes, Fusinato e Neves
CIÊNCIA E EDUCAÇÃO	2011	A multimodalidade entre textos de popularização científica: contribuições para o ensino de ciências para as crianças	Pereira e Terrazzan
QUÍMICA NOVA	2011	Artigos da revista Ciência Hoje como recurso didático no ensino de Química	Ferreira e Queiroz
CIÊNCIA E EDUCAÇÃO	2011	Analogias na revista de divulgação científica Ciência Hoje das Crianças	Silva, Pimentel e Terrazzan
ALEXANDRIA	2013	Representações sobre alimentação e ciência em um texto de divulgação científica: implicações para a educação em ciência	Lobo e Martins

Fonte: autores

Quadro 2.3 – Trabalhos completos publicados nos Anais do ENPEC que abordam a seleção, caracterização e análise de TDC.

Evento	Ano	Título do trabalho	Autor(es)
ENPEC	2003	As analogias na divulgação científica: o caso da Ciência Hoje das Crianças	Silva e Terrazzan
ENPEC	2003	Divulgação Científica na sala de aula: um estudo sobre a contribuição da Revista Ciência Hoje das Crianças	Aires et al
ENPEC	2005	A ciência em diferentes vozes: uma análise de textos de divulgação científica	Ribeiro e Kawamura

ENPEC	2005	Ideias sobre gene em revistas de divulgação científica e em glossários virtuais	Goldbach, El-Hani e Martins
ENPEC	2005	Superinteressante: das bancas para a escola	Miranda
ENPEC	2007	Estudo sobre o uso de analogias em revista de divulgação científica	Zambon e Terrazzan
ENPEC	2007	Conceitos de Evolução na revista Superinteressante	Kemper, Zimmermann e Gastal
ENPEC	2007	Revista de divulgação científica: concepções sobre os temas alimentação-metabolismo energético	Gomes, Da Poian e Goldbach
ENPEC	2009	Análise da relação entre força e movimento em uma revista de divulgação científica	Gomes, Fusinato e Neves
ENPEC	2009	Sexualidade no ensino de ciências: a revista Capricho enquanto artefato cultural na sala de aula	Silva e Ribeiro
ENPEC	2011	A revista Veja sob análise: problematização aos discursos de Educação Ambiental na mídia impressa	Garré e Henning
ENPEC	2011	Uma análise das potencialidades de textos de divulgação científica sobre o caso Plutão no ensino de Física	Albuquerque, Marchi e Leite
ENPEC	2011	Possibilidades de funcionamento escolar do texto de jornalismo científico	Dias e Almeida
ENPEC	2013	A dinâmica da ciência em artigos de divulgação científica da revista Pesquisa FAPESP	Oliveira
ENPEC	2013	Sistemática Filogenética e divulgação científica: análise da revista <i>Scientific American Brasil</i>	Souza e Rocha

Fonte: Autores

Dando continuidade ao processo de análise, foi realizada uma primeira leitura dos textos selecionados objetivando um levantamento que constituiu a classificação dos trabalhos. Após essa leitura, delineamos os seguintes focos de estudo (categorias) na análise dos trabalhos selecionados: a) as revistas de divulgação científica analisadas nas pesquisas; b) os principais aspectos dos TDC analisados nas pesquisas; c) considerações apresentadas pelos pesquisadores sobre o uso do TDC para a sala de aula.

2.2.1 Revistas de divulgação científica analisadas nas pesquisas

O levantamento feito nos textos selecionados revelou quais os meios de divulgação foram analisados nas pesquisas sobre TDC publicadas na área de ensino de ciências. O intuito

foi verificar quais revistas são mais exploradas nesses estudos. Vale ressaltar que alguns autores tomaram como *corpus* mais de uma revista, o que justifica um número maior do que os vinte e quatro documentos analisados. Quanto ao material analisado nos artigos lidos, identificamos a quantidade de vezes que as referidas revistas foram tomadas como objeto de estudo, conforme a Figura 2.1

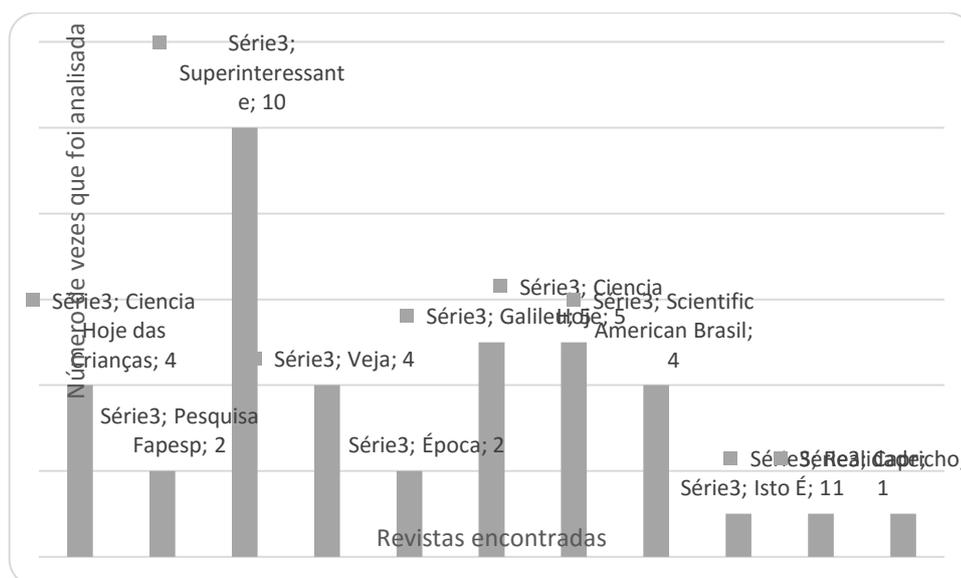


Figura 2.1 - Revistas de divulgação científica e o respectivo número de trabalhos publicados na área de ensino de ciência que as analisaram.

Pechula (2007), Xavier e Kerr (2004), Gomes et al (2010), Gomes et al (2009), Zambon e Terrazzan (2007), Goldbach e El-Hani (2008), Goldgach et al (2005), Kemper et al (2007), Miranda (2005) e Gomes et al (2007) analisaram a revista *Superinteressante*, escrita por jornalistas e considerada um veículo de comunicação de massa que ocupa um lugar considerável na divulgação científica nacional. Atraente aos olhos dos leitores, essa revista é destinada a um público jovem e abrangente (PECHULA, 2007). Após passar por reformulação entre o período de 2000 a 2005, hoje pode ser considerada uma “Revista de Conhecimento Humano” (MIRANDA, 2005). É muito conhecida entre os docentes, sendo muito utilizada pelos professores do ensino médio como recurso de atualização dos assuntos científicos e no preparo de suas aulas (GOMES et al, 2007; GOLDBACH et al, 2005; GOLDGACH; EL-HANI, 2008, GOMES et al, 2009 e GOMES et al 2010). O público, segundo a própria revista, a considera séria, confiável e rigorosa (KEMPER, 2007).

Assim como a *Superinteressante*, a revista *Galileu* é um veículo de divulgação científica que alcança toda a população por ser facilmente encontrada em bancas de jornais. De

acordo com Vargas (2002), essa é uma revista de popularização da ciência, destinada a transmitir a informação de forma compreensível a um público supostamente leigo, com a finalidade de informar as novidades científicas e tecnológicas. Ela também é identificada pelos professores como fonte importante para atualização de conhecimentos e utilizada em muitas situações nos planejamentos escolares (XAVIER; KERR, 2004; GOLDBACH; EL-HANI, 2008; GOLDBACH et al, 2005; GOMES et al (2007). Para os pesquisadores Ribeiro e Kawamura (2005), a revista possui uma diversidade de material, pois cada mídia têm características próprias. Talvez por esse motivo seja a segunda revista mais analisada nos trabalhos levantados.

Seguindo esta linha encontramos também os estudos de Ferreira e Queiroz (2011), Goldbach e El-Hani (2008), Goldbach et al (2005), Dias e Almeida (2011) e Gomes et al (2007) que analisaram a revista *Ciência Hoje*, publicada pelo Instituto de Ciência Hoje, que oferece um panorama completo da produção intelectual e tecnológica nacional e internacional (FERREIRA; QUEIROZ, 2011). Essa revista é elaborada para atender a um público menos amplo, voltada à comunidade acadêmica, professores e estudantes e de alguma forma à sociedade em geral, já que podemos encontrar a versão *online* em seu sítio. Por ser escrita, em muitos casos, por profissionais ligados ao meio científico, acreditamos ser este o motivo dessa revista estar ganhando mais espaço entre os professores. Dias e Almeida (2011) justificam seu uso por ser específica de ciências. Já os autores Goldbach e El-Hani (2008), Goldbach et al (2005) e Gomes et al (2007) dizem que seus textos são referência para professores, sendo utilizados em sala e como atualização dos assuntos científicos.

Da mesma forma, a revista *Ciência Hoje das Crianças*, também divulgada pelo Instituto de Ciência Hoje, é conhecida entre os docentes. Essa revista tem como objetivo ser “um material de aprendizagem facilitador da compreensão do mundo e da relação com ele, mediante o acesso aos diferentes saberes, fornecendo suporte necessário a toda comunidade escolar” (PEREIRA; TERRAZZAN, 2011, 496). Dessa forma, parece ser a única revista de divulgação científica que é voltada especificamente para a educação. Confeccionada para um público entre sete e quatorze anos, essa revista procura aguçar a curiosidade das crianças para fatos e métodos científicos (SILVA; TERRAZZAN, 2003). Seus artigos, bem como os da revista *Ciência Hoje*, são escritos não apenas por jornalistas, mas também por professores e pesquisadores da comunidade científica. Possui distribuição gratuita por meio do Governo Federal às escolas públicas e, por esse motivo, ela é também considerada um importante meio para os professores, que as utilizam para trabalhos de pesquisa e orientação de temas para feira de ciências (AIRES et al, 2003).

Com a mesma frequência em pesquisa da revista *Ciências Hoje das Crianças*, encontramos a revista *Veja*, na qual pouco se fala ou menos se justificam quanto ao objeto de estudo, a não ser o fato de ser semanal e uma das representantes de revistas de grande circulação (LEGEY et al, 2009) e por produzir sentidos conduzindo a vida dos sujeitos (GARRÉ; HENNING, 2011).

Também é objeto de estudos das pesquisas na área a revista *Scientific American Brasil*, que apresenta uma linguagem mais elaborada, podendo dificultar a leitura do público leigo (SOUZA; ROCHA, 2013). Apesar dessa observação, é uma revista de divulgação científica, um recurso enriquecedor para o ensino, trazendo uma visão ampliada de ciências e do mundo, possibilitando ao professor a criação de novas metodologias e estratégias de ensino, aprofundando e contextualizando o conteúdo abordado (GOLDBACH; EL-HANI, 2008). Gomes et al (2007) constatou em suas pesquisas que, quando comparada com outras revistas de divulgação similares, a *Scientific American Brasil* apresenta maior grau de confiabilidade.

2.2.2 Principais aspectos dos TDC analisados nas pesquisas

Também foram categorizados os principais aspectos analisados nas pesquisas sobre os textos de divulgação científica, separando os trabalhos em três grandes grupos: i) trabalhos que analisaram conceitos específicos de uma área do conhecimento presentes nos TDC; ii) trabalhos que analisaram características do discurso da divulgação científica presentes nos TDC; e iii) trabalhos que investigaram aspectos da natureza da ciência nos TDC. Os resultados estão apresentados na Figura 2.2.

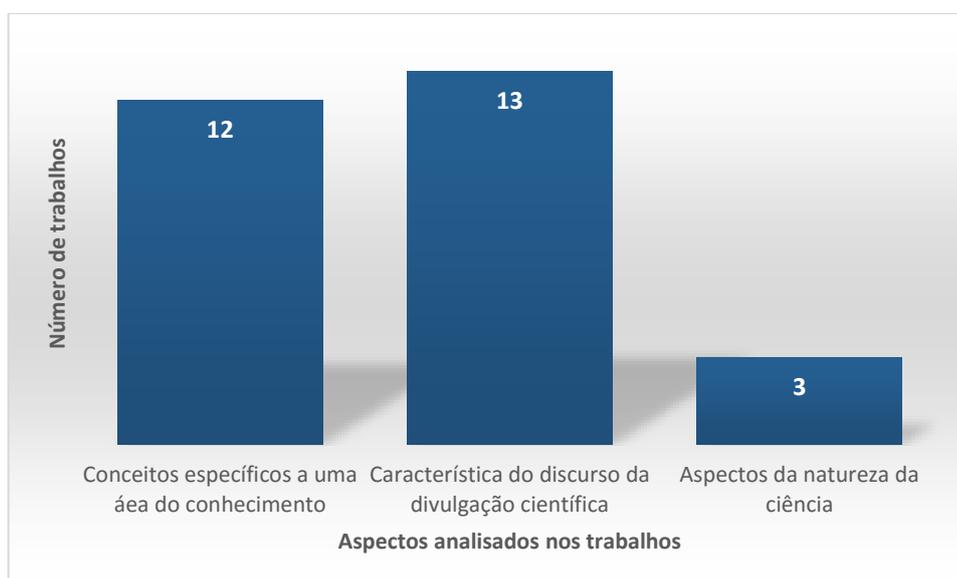


Figura 2.2 – Principais aspectos analisados dos TDC analisados nas pesquisas e o número de trabalhos em que tais aspectos foram investigados.

Identificamos uma concentração de pesquisas direcionadas aos estudos de características da linguagem empregadas nos TDC, que foram todos encaixados na categoria Características do Discurso da Divulgação Científica.

Cabe lembrar que alguns foram classificados em mais de uma categoria, como aconteceu na análise anterior. É o caso dos artigos que analisaram as metáforas e analogias, como nos trabalhos de Pereira e Terrazan (2011), Ribeiro e Kawamura (2005) e Aires et al (2003). Nessa categoria, os autores acreditam que as análises podem promover a melhoria do ensino de ciências. Garré e Hernning (2011) buscam explicações para compreender o que os discursos dos TDC estão dizendo ou querendo dizer.

Similar a estas análises, os autores Silva e Terrazan (2003), Zambom e Terrazan (2007), Silva et al (2011), investigaram o uso de analogias no corpo do texto de divulgação científica e suas implicações para compreensão do tema, conceitos e fenômenos, na medida em que se utiliza situações familiares ao leitor. Seguindo a mesma perspectiva, Goldbach e El-Hani (2008) e Goldbach et al (2005) pesquisaram o uso de metáfora empregadas no texto, pois a mesma pode ser uma ferramenta na explicação de fenômenos, facilitando a apreensão de significados.

Também encontramos autores que analisaram o corpo dos TDC quanto às subcategorias referentes ao conteúdo e forma, tais como Ferreira e Queiroz (2011); Legey et al (2009); Ribeiro e Kawamura (2005); Miranda (2005) e Dias e Almeida (2011).

Sob a perspectiva da semiótica social, os autores Pereira e Terrazan (2011); Silva e Ribeiro (2009); Lobo e Martins (2013) e Albuquerque et al (2011) exploraram a potencialidade dos textos além de suas dimensões epistemológicas, didático-metodológica e teleo-axiológica (AIRES et al, 2003).

A análise dos conceitos científicos específicos de uma disciplina foi um foco de estudo também bastante explorado nas pesquisas sobre TDC, nas quais os autores buscaram identificar erros conceituais nesse tipo de material. As revistas que se destacaram com erros conceituais foram *Superinteressante*, *Galileu*, *Veja* e *Época*, na qual os autores acreditam ser pelo fato de serem escritas por jornalistas (KEMPER, et al, 2007, GOLDBACH, 2005, RIBEIRO; KAWAMURA,2005, GOLDBACH, 2008, ZAMBON; TERRAZZAN, 2007, GOMES et al, 2010, XAVIER, 2004). Kemper et al (2007) destaca a falta de conhecimento específico, razão pela qual os jornalistas cometeram alguns equívocos às vezes prejudiciais ao leitor; mas

também reconhece o esforço dos escritores em escrever de forma correta. Por outro lado, no caso das revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, os autores apontam não haver muitos erros conceituais por serem escritas e/ou revisadas por pesquisadores ou profissionais ligados à área (AIRES et al, 2003, GOMES et al, 2007, PEREIRA; TERRAZZAN, 2011).

Gomes et al (2007), Gomes et al (2009) e Gomes et al (2010) preocuparam-se em analisar as concepções alternativas, ou seja, situações envolvendo conceitos científicos e como estas influenciam no ensino. Enquanto Goldbach et al (2005) identificaram e analisaram verbetes empregados nos artigos. Eles perceberam que seu uso pode gerar uma grande confusão, prejudicando a compreensão do leitor, podendo acarretar a erros conceituais.

Sob um outro olhar, Xavier e Kerr (2004) contrastam os conceitos científicos com os conceitos transmitidos, deparando-se com uma ausência do rigor científico no tratamento do tema. Apontam também, uma inquietação na veiculação de informações de forma correta, visto o poder dos meios de comunicação em influenciar a formação dos cidadãos. Em contrapartida, e com uma visão mais otimista, Goldbach e El-Hani (2008) se debruçaram sob as metáforas e seu uso como ferramenta no auxílio de explicações dos processos científicos e tecnológicos, mas sugerem também seu uso com cautela, pois as mesmas podem distorcer ou simplificar demais os conceitos e fenômenos.

Tendo em vista o foco de estudo desta dissertação, consideramos surpreendente encontrar apenas três artigos que trazem como base de suas pesquisas a análise de aspectos da natureza da ciência. Pechula (2007) investigou a “alimentação” do imaginário do leitor por meio da divulgação científica. Segundo a autora, as matérias são tratadas de forma genérica e homogênea, não abrindo espaço para polêmicas. Pechula ainda identifica nos textos uma ciência espetacular, banalizando a informação científica, fazendo parecer que está tudo resolvido, criando assim um paradoxo entre a ciência produzida e a ciência divulgada.

Diferentemente, Oliveira (2013) aborda características da prática da ciência, explícitas ou não, nos textos de divulgação científica da revista *Pesquisa FAPESP*. A autora toma como base a sociologia da ciência de Bruno Latour e revela que os textos podem ser uma ferramenta didática útil para discussão e análise do funcionamento da ciência.

Albuquerque (2011) utiliza o caso da reclassificação de Plutão para apontar as controvérsias sobre o caso, analisando a imagem da ciência com caráter transitório, apontando a voz de autoridade da científica. Essas contribuições são relevantes no que tange aos aspectos da natureza da ciência, evidenciando que o modo de abordagem de tais aspectos nas revistas de divulgação científica pode resultar em formas mais adequadas ou distorcidas de concepção sobre o processo de construção da ciência.

2.2.3 Considerações sobre do uso de TDC em sala de aula

Uma última análise feita nos textos foi referente às considerações que os pesquisadores apresentam em suas análises sobre o uso do TDC em sala de aula, destacando as contribuições e/ou restrições desses materiais para o contexto escolar.

No que se refere ao uso de diversos recursos como imagem, metáforas e analogias, os autores Pereira e Terrazan (2011); Silva e Terrazan (2003), Zambon e Terrazan (2007); Goldbach e El-Hani (2008); Goldbach et al (2005); Lobo e Martins (2013); Silva et al (2011) e Silva e Ribeiro (2009) apontam que a utilização de tais recursos podem contribuir para o aprendizado do aluno pois permitem a visualização de conceitos, fenômenos e elementos não familiares ao leitor. Goldbach et al (2005) reforçam a importância da utilização desses recursos, pois são valiosos instrumentos que possibilitam abordar as diversas temáticas, auxiliando na melhor compreensão do conteúdo, contribuindo para um questionamento crítico sob o tema e promovendo a atualização dos professores e alunos.

Segundo Lobo e Martins (2005), as múltiplas representações semióticas manifestadas nos textos ou imagens caracterizam os TDC como material de apoio didático tão rico e tão complexo. Talvez por isso, existem tantos apontamentos quanto ao seu uso, pois todos os autores acima citados são unânimes em dizer que o uso de TDC depende da mediação/orientação do professor.

Ainda sobre as considerações sobre os TDC, foram encontradas algumas ponderações direcionadas aos escritores (autores) como conhecimento de modelos didáticos de apresentações analógicas e sua tipologia (ZAMBON; TERRAZAN, 2007), um olhar histórico sobre o tema, promovendo uma melhor compreensão sobre a temática abordada (GOLDBACH; EL-HANI, 2008). Assim, possibilita um melhor aproveitamento dos recursos utilizados, conduzindo os leitores à uma melhor compreensão efetiva de seu artigo.

Não podemos esquecer que a função de um TDC é aproximar o leitor dos conhecimentos científicos e que estes devem apresentar uma linguagem mais compreensível possível, abrangendo o maior público, para que então o objetivo da divulgação científica seja alcançado. Explicitamos no início do capítulo que, em princípio, um TDC não é confeccionado como recurso didático para situações formais de ensino, mas os autores Lobo e Martins (2013) e Ferreira e Queiroz (2011) acreditam que o investimento em articulações mais elaboradas pelos

escritores e ainda a utilização destes como recurso didático podem promover uma educação voltada para o exercício da cidadania.

Nos artigos que analisaram erros conceituais, os autores Xavier e Kerr (2004), Gomes et al (2009), Gomes et al (2010), Kemper et al (2007), Gomes et al (2007) e Aires et al (2003) indicam o uso de TDC, pois se pensarmos em aplicação sala de aula, todo material contribui para a aprimoramento conceitual. As falhas ou distorções presentes nos textos podem ser usadas de forma positiva, servindo de base no ensino conceitual (XAVIER; KERR, 2004; AIRES et al, 2003). Ainda ressaltam que o trabalho em sala de aula com temas da atualidade motiva o estudante e auxilia o desenvolvimento de sua capacidade crítica e dialógica. Os TDC também podem contribuir para o planejamento e a experimentação de novas estratégias de ensino (GOMES et al, 2007). Os autores chamam atenção aos cuidados especiais, principalmente por parte dos professores que não possuem muita familiaridade com o tema na utilização dos TDC em sala devido aos equívocos e imprecisões encontrados nesses textos (AIRES et al, 2003).

Também encontramos observações nas análises dos TDC que conduzem a um olhar preocupado com a relação entre ciência e sociedade, como nos trabalhos de Oliveira (2013), Legey et al (2009), Pechula (2007) e Albuquerque et al (2011). Legey et al (2009) indica o pouco uso de questões éticas, em relação às novas fronteiras do conhecimento. Chamam atenção para o uso de informações extraídas da mídia como única fonte de informação científica, pois estes podem conter conceitos exageradamente simplificados com uso de analogias ruins e sensacionalistas (LEGEY et al, 2009) bem como uma banalização dos conceitos, na qual a ciência aparece com uma roupagem mágica (PECHULA, 2007). Em contraponto, é possível problematizar características da natureza da ciência (ALBUQUERQUE, et al, 2011), bem como discutir e analisar seu funcionamento (OLIVEIRA, 2013).

Entre as ressalvas quanto ao uso em sala, podemos citar: a necessidade de um conhecimento prévio sobre a temática e a capacitação dos professores para lidar com os diversos recursos encontrados em um texto (PEREIRA; TERRAZAN, 2011); a avaliação do texto a ser trabalhado em sala (SILVA; TERRAZAN, 2003); auxílio de modelos físicos (concretos) que possibilitem explicar os conceitos empregados (ZAMBON; TERRAZAN, 2007); a importância dos professores avaliarem quais os textos requerem mais de suas contribuições pessoais (SILVA, et al, 2011); a necessidade de transposição didática (AIRES, et al, 2003); e ainda a importância da articulação da diferentes formas de aprendizagem (processos sociais que ensinam – produzem e/ou divulgam significados) ao fazer um planejamento (SILVA; RIBEIRO, 2009).

Por meio deste levantamento e do estudo dessas categorias, pudemos observar as diferentes potencialidades para o uso de TDC. Não se pode esquecer que esses devem ser escolhidos e analisados pelo professor, visto que há diferenças entre os diversos textos que possuem como base o mesmo tema. Vale destacar que essa diversidade entre os textos pode contribuir e enriquecer as discussões, ampliando o leque de relações que o aluno pode estabelecer entre o conhecimento formal/escolar e o informal (RIBEIRO; KAWAMURA, 2005).

Por apresentarem vários recursos e uma linguagem diversificada, principalmente quando comparados com o material didático, apresentam um grande potencial para serem explorados em sala nos diversos assuntos relacionados às áreas da ciência da natureza. Para garantir o sucesso do uso desse material tão rico e ao mesmo tempo complexo, seu uso não deve ser indiscriminado. Há necessidade de um planejamento, uma reestruturação, uma transposição didática, garantindo a formação do cidadão crítico e participativo.

Por fim, essa revisão de literatura nos possibilitou verificar algumas lacunas nas pesquisas, na área de ensino de ciências, que voltam à seleção, análise e caracterização de textos de divulgação para fins educacionais. Dentre essas lacunas, destacamos duas que para nossa pesquisa mostraram-se mais evidentes: a necessidade de mais estudos sobre aspectos da natureza da ciência veiculados nos TDC e a carência de trabalhos envolvendo a análise de revistas ligadas às agências de fomento à pesquisa, como é o caso da revista *Minas Faz Ciência*, sobre a qual falamos a seguir.

2.3 A revista *Minas Faz Ciência*

Em pesquisas realizadas nos sites da FAPEMIG (<http://www.fapemig.br/>), podemos encontrar como missão dessa agência de fomento “induzir e fomentar a pesquisa e a inovação científica e tecnológica para o desenvolvimento do Estado de Minas Gerais”. Além disso, uma das atribuições da FAPEMIG é difundir os resultados das pesquisas concluídas com seu apoio, ou seja, ela “divulga e dissemina os resultados de suas atividades e projetos para todos os públicos”.

Dessa forma, a FAPEMIG vê a possibilidade de democratização do conhecimento e, ao mesmo tempo, de tornar conhecidas as pesquisas realizadas no Brasil, em especial em Minas Gerais, por meio da divulgação científica. Na página de descrição do projeto da revista *Minas faz Ciência*, encontrada no site <http://www.fapemig.br/divulgacao/revista/>, a FAPEMIG

reafirma seu compromisso em difundir a ciência e a tecnologia para a sociedade, ancorada no artigo 3º do Capítulo II da Lei 11.552, de 03 de agosto de 1994, que dispõe sobre finalidades e competências da Fundação.

Para a agência, essa foi uma das motivações para a criação do projeto *Minas Faz Ciência* de divulgação científica para o público leigo. A proposta era levar às pessoas, utilizando linguagem clara e acessível, notícias sobre os avanços científicos obtidos no Estado. Além disso, a Assessoria de Comunicação Social procurava uma forma de chamar a atenção da mídia para a instituição e os projetos de pesquisa desenvolvidos com seu apoio, em uma época em que ciência e tecnologia raramente figuravam entre os temas do noticiário, ficando restritas a publicações especializadas (FAGUNDES, 2013).

Criado em 1998, o projeto Minas Faz Ciência, começou com uma série de vídeos em parceria com a Rede Minas. Foi uma série de 24 documentários de caráter educativo que procuravam mostrar um pouco do processo e dos resultados das pesquisas financiados pelas FAPEMIG. Em dezembro de 1999 cria-se a revista *Minas Faz Ciência*. Em 2011, o projeto se ampliou, com os *podcasts* da série Ondas da Ciência, os programas de televisão do Ciência no Ar e o blog Minas faz Ciência (<http://fapemig.wordpress.com>). A série de televisão Ciência no Ar apresenta reportagens sobre a produção científica dentro das universidades, centros de pesquisa e empresas, especialmente os de Minas Gerais. Eles podem ser vistos no canal da série no Youtube www.youtube.com/ciencianoar, na página da FAPEMIG www.fapemig.br, e no blog Minas faz Ciência www.fapemig.wordpress.com. O blog, por sua vez, tem como proposta divulgar informações, incentivar o debate e mostrar que falar de ciência, tecnologia e inovação não é apenas importante, mas também prazeroso.

Para a FAPEMIG, nos últimos 10 anos houve o crescimento e a consolidação do projeto de divulgação científica tendo como foco o público leigo. Dessa forma a linguagem utilizada é acessível e ainda possui um visual atraente no intuito de “discutir os avanços, as descobertas, suas implicações e controvérsias da área da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). Ao disponibilizar informações, esperamos estimular o envolvimento das pessoas nas decisões sobre as políticas e os rumos da produção de CT&I, além de contribuir para o fortalecimento de uma cultura científica no país.”¹

A revista veio atender o crescimento dessa demanda. Com uma publicação trimestral, impressa, colorida e de distribuição gratuita, contém reportagens, artigos, seções especiais e debates sobre as pesquisas desenvolvidas em Minas Gerais. Suas primeiras tiragens foram com

¹ FAPEMIG. Projeto Minas Faz Ciência. Disponível em < <http://www.fapemig.br/divulgacao/revista/>>. Data de acesso: 28/07/2015

24 páginas, um total de cinco mil exemplares, distribuídos às bibliotecas públicas, escolas, entidades do governo estadual, universidades e também para a imprensa. Mesmo hoje para recebê-la, basta fazer um cadastro simples, via e-mail ou no próprio site.

Em 2000, foram lançados mais dois veículos: o site <http://revista.fapemig.br>, que ampliou o alcance dos temas tratados, o que antes era restrito apenas ao número de exemplares, e as palestras Minas Faz Ciência & Debate, gratuitas e abertas ao público em geral.

Em 2011, a revista *Minas Faz Ciência* foi reestruturada. Pensando na inovação, a equipe da revista *Minas faz Ciência* decidiu desenvolver um novo projeto, um visual mais moderno e cheio de novidades em suas páginas. A partir da edição de número 45, percebeu-se uma capa mais vistosa, com três chamadas, uma principal com letras maiores e outras duas equivalentes em tamanho. Atualmente ela possui cinquenta e duas páginas em cada edição, distribuídas entre seções fixas – *Ao Leitor; Índice; Cartas; Especial; Curtas da ciência; Lembra dessa?; Entrevista; Cinco Perguntas Para...; Leituras e Varal* – e reportagens. No conteúdo no qual se encontram oito reportagens, o leitor continua conferindo o que tem sido produzido na Ciência, Tecnologia e Inovação em Minas Gerais.

Cabe destacar que nosso foco de pesquisa está entre estas oito reportagens que contemplam as notícias sobre os projetos financiados pela FAPEMIG.

De acordo com informações presentes no site da revista, percebemos que a equipe não é exclusiva da revista:

[...] a produção fica por conta das equipes da Assessoria de Comunicação Social e do Programa de Comunicação Científica, Tecnológica e de Inovação (PCCT) da FAPEMIG, que além de produzir material para diferentes veículos, o grupo propõe-se a refletir sobre o jornalismo científico e o modo de produção vigente.

De acordo com a entrevista realizada por telefone no dia oito de abril de 2015 pela pesquisadora Gabriela Belini Gontijo, autora desta dissertação com Vanessa Oliveira Fagundes – jornalista formada pela UFMG, especialista em História da Ciência e mestre em Divulgação Científica e Cultural pela UNICAMP, assessora de comunicação da FAPEMIG e coordenadora do projeto de divulgação científica Minas Faz Ciência –, a escolha das reportagens é feita pelo grupo em reunião de pauta que acontece uma vez por mês. Os membros levam sugestões, com prévias pesquisas realizadas, e os critérios para escolher os artigos levam em conta temas atuais e a relevância do tema, buscando um equilíbrio entre as várias instituições que recebem incentivos para as pesquisas. A assessora de comunicação, Vanessa Fagundes, também relatou que os jornalistas participam de um grupo de estudos sobre os artigos científicos escolhidos.

Ressalta que esse estudo prévio, acaba por ser um diferencial diante dos pesquisadores, que se sentem mais confortáveis e confiantes perante os jornalistas. E por fim lembrou que a FAPEMIG incentiva os jornalistas a buscar especializações na área.

Atualmente a revista possui uma tiragem de 20 mil exemplares e coleciona mais de seis mil assinantes em todos os estados brasileiros e no Distrito Federal. Mantém sua proposta original de levar informações, fomentar o debate e propiciar o desenvolvimento dos cidadãos (*MINAS FAZ CIÊNCIA*, v 50, nº 1, 1998).

Conseguimos localizar na literatura alguns poucos estudos sobre a referida revista. Um deles é o trabalho de dissertação de Ocariz (2013), que analisou a seção Carta do Leitor, com intuito de verificar qual a relação das publicações com o leitor. Segundo a autora a seção “Carta do Leitor” é um espaço destinado para que os leitores possam opinar, sugerir, reclamar, debater, elogiar, refletir, tirar dúvidas, entre outras coisas. Em suas análises identificou uma preocupação da revista em identificar seu leitor e a ocupação desta. Identificou-se uma ocorrência maior sobre elogios, autorreferenciação, conclusões sobre os temas, e pedidos de revistas.

Ocariz (2013) acredita que a divulgação científica é “uma obrigação do governo, pesquisadores e jornalistas, uma vez que envolve o direito à informação da sociedade e seu consequente desenvolvimento cidadão ao melhor compreender as novas descobertas científicas e, em certa instância, poder chegar a opinar sobre elas” (p. 103). A autora também destaca a importância dos jornalistas para reformulação dos conteúdos de pesquisa de forma a atingir o maior número de pessoas.

Sobre a revista, Ocariz (2013) pontua que seu maior público é composto por estudantes e acadêmicos, considerados pela autora com leigos, visto que não se encontram inseridos nas pesquisas científicas. Também foi identificado que a referida revista não publica cartas contendo críticas, complementações ou correções.

Outro trabalho que conseguimos localizar é o de Fagundes (2013), o qual refere-se ao apoio da agência de fomento FAPEMIG à divulgação científica, que tem recebido investimentos e incentivo por meio de linhas especiais de financiamento, como é o caso do *Minas Faz Ciência*, projeto composto principalmente por revista, vídeos e podcasts, que tem como objetivo despertar o interesse e informar o público leigo sobre temas da área.

Fagundes (2013) defende que a divulgação dos resultados pode contribuir para a educação de crianças, jovens e adultos além de apresentar temas até então restritos apenas à comunidade acadêmica, bem como promover a cidadania ao levar informações que possibilita a sociedade opinar e influenciar decisivamente na elaboração de políticas públicas. A autora também vê a divulgação como uma prestação de contas dos investimentos realizados com

recursos públicos, podendo até ser vista como uma estratégia para que as pessoas percebam a importância de manter e aumentar os investimentos na área de CT&I, passando a cobrar do governo a continuidade dos programas.

Em suas considerações, Fagundes (2013) destacou que a “Fapemig é uma das poucas instituições ligadas à CT&I a manter, em Minas Gerais, um programa permanente de difusão e popularização da ciência e uma equipe exclusivamente dedicada à cobertura da área” (p. 269). Portanto, há ainda uma lacuna quanto aos estudos sobre a revista *Minas Faz Ciência*.

E por fim, num último trabalho encontrado, o autor Maurício Guilherme Silva Jr.(2014), consciente da importância do jornalismo científico, ressalta que

editar reportagens sobre ciência é atividade que implica não apenas a possibilidade de ressignificação de textos jornalísticos sobre coberturas especializadas, mas também de “traduzir” e/ou “(trans)crever” o discurso científico, no intuito de sublimar a terminologia técnica, transformando-a em narrativas dialógicas, com linguagem e formato mais próximos à(s) experiência(s) do leitor. (SILVA JÚNIOR, 2014, p.1)

Para tal, o autor buscou alguns dos princípios de edição jornalística empregados pela revista *Minas Faz Ciência*, que tem como função determinar o “lugar” próprio a cada assunto nas seções, explorando as possibilidades de estímulo ao diálogo entre a ciência e sociedade por meio do desenvolvimento das narrativas.

Silva Júnior (2014) conclui que editar a revista *Minas Faz Ciência*, além de investigar novos modos de ampliação do diálogo entre a ciência e a sociedade, na qual suas páginas possam contribuir para uma reflexão em torno do próprio lugar da ciência, é também investir, por meio da articulação entre texto e imagem, na construção de narrativas capazes de estimular o debate em torno de questões como a função da ciência e dos cientistas na sociedade.

Tendo em vista que o foco da revista é aproximar a sociedade dos trabalhos de pesquisa que vêm sendo desenvolvidos no estado, acreditamos que essa revista possa apresentar potencial didático para abordagem de aspectos sobre a prática da ciência e o trabalho do cientista. Para analisar tais aspectos adotamos como referencial teórico, aspectos da sociologia da ciência, conforme descrito a seguir.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Em suma, o projeto dos estudos científicos, contrariamente ao que os guerreiros da ciência queriam induzir todos a crer, não é estabelecer a priori que existe "alguma conexão" entre ciência e sociedade, pois a existência dessa conexão depende daquilo que os atores fizeram ou deixaram de fazer para estabelecê-la. (Bruno Latour e Wooglar, 1997)

Dentre as várias formas de se estudar a natureza da ciência, a sociologia é um desses olhares. Nesse sentido, Justi, ao discutir sobre as pesquisas relacionadas à natureza da ciência, julga

importante destacar que existem contribuições de diversos campos para o debate (por exemplo, sociologia, psicologia, economia, antropologia). Por isso, é essencial que pesquisadores interessados nesta temática não restrinjam seus estudos às contribuições da filosofia e da história que, apesar de muito importantes, limitam a visão sobre ciência (JUSTI, 2013, p.5).

Esta pesquisa buscou no campo da sociologia da ciência uma forma de analisar a prática científica revelada nos textos de divulgação científica selecionados para este estudo. A seguir apresentamos algumas considerações gerais sobre a sociologia da ciência e, em seguida, detalhamos um pouco mais os estudos de Bruno Latour que adotamos como referencial teórico.

3.1 A Sociologia das Ciências

Com o passar dos anos a ciência se tornou uma atividade complexa e autônoma na qual os interesses dos Estados estão interligados, à medida em que os ecos das descobertas da ciência podem ser decisivos para a prosperidade e até a sobrevivência dos Estados em questão. Para Hayashi et al (2014), há uma ligação universal entre os fenômenos políticos, econômicos, sociais, culturais, tornando impossível pensar em sociedade humana sem correlacionar a filosofia com as ciências e a tecnologia.

Pelo levantamento cronológico feito por Gomes (2014), os maiores registros sobre sociologia da ciência são posteriores à Conferência de 1931, no qual o filósofo e físico Hessen apresenta um trabalho polêmico trazendo uma proposta teórica com motivação social na física newtoniana. O autor tem o cuidado em ressaltar que não há registros que confirmam com precisão que Hessen foi o pioneiro da visão externalista da ciência. Essa nova visão, o conhecimento como construção humana, contribui para o aparecimento da Sociologia das Ciências por volta dos anos quarenta do século XX, com Robert King Merton.

Destacando critérios como o objetivo da sociologia da ciência, Santos (2012) afirma que “a sociologia da ciência pode estudar não só a estrutura cultural da ciência, como o impacto da sociedade na criação dos focos de interesse, na seleção dos problemas, no ritmo do desenvolvimento, etc.” (p.125).

Merton é o autor do que é considerado como o primeiro livro da sociologia da ciência, “*The normative structure of science*”, publicado em 1942. Para Merton, a ciência deve ser tratada como instituição social, no qual, suas investigações focaram nos estudos sociais da ciência, na análise da dinâmica e estrutura social interna da comunidade científica. Suas unidades de análise consistiam em normas e indivíduos em interação. A ciência sob seu olhar tinha papéis específicos, como o sistema de reconhecimento e recompensa, normas sociais próprias e um ethos científico. O ethos científico é um conjunto de normas que exercem certa moral sobre a atitude científica, que fornece as bases para a organização e continuidade da ciência enquanto sistema social. Essa base pode ser resumida em universalismo, comunismo, individualismo e neutralidade (GUARIDO FILHO, 2014).

Outro ponto muito discutido na obra de Merton é o sistema de reconhecimento e recompensa por meio da comunicação entre os cientistas, que teria a função de controle social, ou seja, o cientista ganha mais ou menos prestígio, de acordo com a reputação que estabelece, pelo reconhecimento de seus colegas (ZARUR, 1994, p. 24). O autor aponta que tal sistema promove diferenciação nas posições sociais, pois as recompensas acabam por estratificar a

classe com base na distinção e no respeito entre os pares, que o autor intitula Efeito Mateus. Esse efeito consiste na atribuição desproporcional de reconhecimento para os cientistas, representando o crédito no trabalho científico, principalmente entre co-autorias e comunicação entre trabalhos similares (GUARIDO FILHO, 2014). Ou seja, somente quando o pesquisador torna público seu trabalho que poderá adquirir propriedade por meio de reconhecimento.

As contribuições de Hagstrom, conforme Zarur (1994), surgem por meio do estudo empírico da comunidade científica explorando as diferenças entre campos de controle social, tais como competição, liderança, estratificação, produtividade, hierarquias e outros. Diz respeito à integração da comunidade científica em competição por recompensas, estabelecendo a socialização ao qual o cientista é submetido para o exercício profissional da prática científica, ou pelo aprendizado, mas pela busca de reconhecimento. Tentando explicar o tipo de mediação que liga a atuação do cientista individualmente às normas e valores da comunidade científica, o autor argumenta que a integração é um o prestígio. Assim, a busca de reconhecimento induziria os cientistas a publicarem seus resultados e, para terem seus trabalhos aceitos pelos periódicos, seriam obrigados a respeitar as normas da ciência.

Para Hagstrom, a competição por reconhecimento pode ser comparada à competição por lucro no mercado, na medida em que a pesquisa considerada mais importante tende a atrair mais esforços e, portanto, ajuda a escolher as melhores técnicas. Quando um cientista recebe uma honraria conhecida, não somente o seu prestígio aumenta, mas também o de sua especialidade. O autor constatou que especialidades com maior prestígio usualmente acabam atraindo mais reconhecimento ou mais pesquisadores. Nesse sentido, o ranking de prestígio de uma especialidade é uma manifestação do reconhecimento alcançado por indivíduos, e isso teria a função de controle social. A busca pelo reconhecimento e visibilidade induziria os cientistas a publicarem seus resultados, de acordo com as regras da comunidade (MATTEDI, 2010).

Thomas Kuhn também desempenhou um papel essencial na evolução dessa disciplina em direção a uma nova forma de sociologia da ciência, com uma perspectiva relativista, mesmo que de forma tímida. Aproximadamente vinte anos após o “ETHOS” de Merton, Kuhn foi um dos primeiros a pensar no conteúdo científico enquanto elemento social. Em 1962 publica “*A estrutura das revoluções científicas*”, na qual traça o que considera os conceitos fundamentais de como a ciência funciona. Kuhn argumenta que a partir do estudo da história da ciência, desde as ciências aristotélicas, nota-se que a concepção de natureza mudou diversas vezes, concluindo que é impossível continuar concebendo a ciência como um acúmulo de conhecimento.

A inovação de Tomas Kuhn consiste na ideia de que o progresso científico se dá por meio de “revoluções paradigmáticas”. O princípio relativista da incerteza começa a ser usado no entendimento da produção científica com a “capacidade de persuasão”, a qual se torna o elemento mais importante na afirmação de um novo paradigma; “ela não é e não pode ser determinada simplesmente pelos procedimentos de avaliação característicos da ciência normal, pois esses dependem parcialmente de um paradigma determinado e esse paradigma, por sua vez, está em questão” (KUHN, 1998, p. 127).

Na interpretação de Santos,

O processo de imposição de um novo paradigma (KUHN, 1962) é um processo de negociação entre os diferentes grupos de cientistas. É necessário estudar as relações dentro dos grupos e entre os grupos, sobretudo as relações de autoridade (científica e outra) e de dependência. É necessário também estudar a comunidade científica em que se integram esses diferentes grupos, o processo de formação profissional dos cientistas, o treinamento, a socialização da profissão, a organização do trabalho científico, etc. Nisto consiste a base sociológica da teoria de Kuhn (SANTOS, 2012, p. 135).

Um outro autor que investigou os aspectos do desenvolvimento científico, foi De Sola Price. Segundo Zarur (1994), as análises desse sociólogo consistiam na mensuração das atividades de ciência e tecnologia por meio de fundamentos de demonstração empírica; relação entre quantidade de artigos publicados e a qualidade de produção científica; número de avaliação de relevância de um determinado artigo e o conceito de “colégio invisível” informais de comunicação, voltados para um problema científico particular. Ou seja, Price estabelece uma similaridade da atividade científica com a contabilidade de uma empresa (ZARUR, 1994, p. 29).

A partir década de 70 verifica-se um processo de renovação da sociologia, com a emergência de novas e diversificadas vertentes, programas e linhas de pesquisas. Em Edimburgo, David Bloor e Barry Barnes elaboraram o “programa forte”, na qual a ideia era romper as limitações dos estudos quanto aos aspectos estruturais e institucionais da ciência e os fatores externos que interferem no desenvolvimento e direcionamento do conhecimento científico. A sociologia relativista das ciências vai insistir, evocando Kuhn na continuidade entre conhecimento comum e conhecimento científico. “Os pressupostos desse Programa serviram de base para o desenvolvimento dos aportes teórico-metodológicos de várias vertentes, destacando os estudos etnográficos de laboratórios, de projetos científicos e tecnológicos e de controvérsias científicas” (BAPTISTA, 2009). Para os autores Bloor e Barnes

o arranjo social científico como paradigmas, teorias, experimentos e outros devem ser levados em consideração.

Novel (2013) resume as regras do programa forte de David Bloor em casualidade, que estuda as condições psicológicas, sociais e culturais que estão na origem dos conhecimentos científicos, ou seja, os fatores não científicos que geram o conhecimento; imparcialidade, que estuda os fracassos ou os sucessos, sem privilegiar a análise de uns a despeito dos outros, o que é verdadeiro ou falso, racional ou irracional; e simetria, que recorre ao mesmo tipo de explicação para analisar as crenças verdadeiras ou falsas e reflexividade deve ser aplicada em si.

Mas foi a partir do Programa Forte que vários autores se destacaram, como Lynch, Latour, Knorr-Cetina surgindo no fim da década de 70 por meio dos chamados “estudos de laboratório”. Foi Bloor quem trouxe para a sociologia da ciência aspectos antropológicos, mas foi Woolgar e Latour que desenvolveram a etnografia do laboratório, utilizando técnicas antropológicas tradicionais de trabalho de campo, com descrito na obra “A vida de Laboratório”, em 1979. Essa obra agregou um novo elemento às unidades de análises no estudo da sociologia da ciência, como o ambiente físico, os equipamentos, padrões de carreira associados à rede de poder. Essa visão etnográfica redefine a unidade de análise e consequentemente afeta olhar sobre a construção dos fatos (ZARUR, 1994, p.36).

Latour vem de uma tradição do construtivismo social, iniciada por David Bloor, e atribui, portanto, as mesmas causas sociais para os acertos e os erros, relativizando os fatos e propondo um novo modo de ver a ciência. Para Latour, os fatos científicos são construções coletivas fixadas por meio de alianças entre vários atores formando uma complexa rede. (LORENZETI; ANDRADE, 2011, p. 107)

Latour em sua obra “Ciência em Ação” demonstra como os argumentos respaldados pelo prestígio social pode desempenhar papel importante na decisão das controvérsias, conduzindo a uma afirmação de que as verdades da ciência são apenas a expressão da relação de forças entre os atores. Alguns sociólogos recuam diante desta possibilidade, outros tentam manter uma posição equilibrada, levando em conta o meio social e as próprias coisas, com suas propriedades particulares e os resultados de experiências. A relação de força se torna, então, uma relação que leva em conta “alianças” que os homens estabelecem com as coisas, alianças destinadas a aumentar o peso de seus argumentos (NOUVEL, 2013, p.225).

Escolhemos como nosso referencial o autor Bruno Latour e neste trabalho daremos atenção a algumas de suas obras. Já se passaram mais de 30 anos da publicação da obra “*A vida de laboratório*”, que permanece atual em termos de discussões estruturais da constituição das

ciências. Seu trabalho é reconhecido mundialmente e se deve ao fato a um novo olhar em torno das ciências e dos cientistas com o advento da CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade. Latour demonstra que, as ciências são também, construções sociais e históricas. Sob olhar etnográfico, Latour propões uma nova compreensão acerca dos processos científicos – a construção dos fatos, evidenciando o cotidiano dos pesquisadores. Desta forma, uma análise por meio do trabalho de Latour e de sua sensibilidade nos detalhes pode vir a contribuir muito para a compreensão do cotidiano dos pesquisadores, seus anseios, e todas as dificuldades que esbarram em seus projetos de pesquisa.

3.2 A Sociologia da Ciência na perspectiva de Bruno Latour

O período no qual se observa uma preocupação mais sistemática com a temática do laboratório na sociologia da ciência compreende o final de 1970 e início 1980. Bruno Latour e Steve Woolgar desenvolveram estratégias analíticas, na qual o corpo principal de estudos é um laboratório. *A Vida de Laboratório* (1997) tornou-se um clássico dos chamados estudos sociais na ciência e apresenta um estudo etnográfico do cotidiano de pesquisadores do laboratório do professor Roger Guillemin, no Instituto Salk de San Diego (KROPF; FERREIRA, 1998).

Nessa obra, apresenta-se uma análise micro social da atividade científica. Os autores se colocaram a compreender a produção dos fatos científicos a partir do ponto de vista etnográfico. Os cientistas e grupos de trabalho aparecem como estrategistas, negociadores, calculadores, mobilizadores de recursos de todos os tipos, em constante competição. Por meio das inscrições literárias, os autores evidenciam-se o papel desempenhado pelos aparelhos na produção dos fatos científicos. Na perspectiva dos autores, imediatamente se esquecem do conjunto de etapas intermediárias que tornaram possível alcançar o produto, “a atenção se concentra sobre esquemas e figuras, enquanto são esquecidos os procedimentos materiais que lhe deram nascimento, ou melhor, há um acordo para relegá-los ao domínio da pura técnica” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 60).

Os autores ainda salientam que é preciso analisar também a construção das carreiras individuais, já que a própria noção do cientista como indivíduo é consequência da dinâmica e da competição que ocorre dentro do laboratório. Segundo Latour e Woolgar, os cientistas se comportam como investidor, cujo objetivo é a manutenção de seus investimentos, aumentando assim o poder de barganha devido ao crédito acumulado. Assim, a ciência enquanto construção

social sofre influência tanto dos aspectos internos da própria comunidade científica, quanto dos aspectos externos da sociedade a qual está inserida.

Essas e outras ideias de Latour sobre os processos de desenvolvimento e sustentação do conhecimento científico convergem, portanto, para a noção de construção social dos fatos. Vale, por fim, destacar que seus estudos introduzem nessa discussão diversos elementos que propiciam uma visão, no mínimo intrigante, do fazer ciência.

Mais tarde, no livro “*Ciência em Ação*”, Latour (2000) apresenta a imagem da “dupla face de Janus” como representação das duas maneiras de olhar a ciência: de um lado pronta, acabada, com suas “caixas-pretas” fechadas; de outro, uma ciência em construção, ainda repleta de debates e controvérsias. Essa obra tem como objetivo entender, a partir da perspectiva de um antropólogo/sociólogo, o que é a ciência. Não a ciência acabada, a forma mais comum de ver os feitos dos cientistas, mas uma ciência em processo, no momento de sua elaboração. Trata-se de uma análise da ciência, descortinando o quanto o contexto social e o conteúdo técnico que são essenciais para o próprio entendimento da atividade científica.

Latour deseja, portanto, mostrar que o movimento das redes e seus interesses são insuficientes para explicar as práticas cotidianas da pesquisa, há necessidade de algo mais, que vai além dos limites etnográficos, como a intrincada rede de elementos humanos (cientistas, engenheiros, colaboradores, aliados, discordantes, financiadores, burocratas, o cidadão comum etc.) e os não humanos (literatura especializada, laboratórios, máquinas etc.).

É por este último perfil que Latour, como sociólogo da ciência, delinea seus estudos com o viés etnográfico, pois ao detalhar os papéis dos atores que fazem parte de todo esse processo, Latour (1997, 2000 e 2001) amplia a visão de comunidade científica e destaca um ciclo de credibilidade no qual o investimento constitui-se em aspecto importante dentro da rede.

Um dos conceitos mais discutidos por Latour e Woolgar é o ciclo de credibilidade (Figura 3.1), o qual descreve em termos econômicos noções de investimento e de retorno sobre os padrões de carreira do pesquisador. A ideia é de reconhecimento e recompensa via mérito alcançado.

Por meio do ciclo de credibilidade, torna-se possível compreendermos a conversão em dinheiro, equipamentos, informações, prestígio, credenciais, áreas de estudo, argumentos, papers, livros, prêmios, vinculando, assim, o cientista ao mundo exterior ao laboratório, por exemplo, com agências de financiamento, leitores, fornecedores etc. (LATOUR; WOOLGAR, 1997). Este ciclo conecta estratégias de investimento, teorias científicas, sistemas de recompensas e educação, permitindo que observador e observado transitem pelos vários aspectos das relações sociais na ciência, a partir do laboratório. (HOCHMAN, 1994).

Os autores propõem uma ampliação do significado de crédito, para credibilidade, com elementos econômicos - o cientista/investidor- avaliando as oportunidades do campo e de sua prática científica. Como os autores dizem é uma associação entre credibilidade, prestígio e recursos entre os pares e com a sociedade. Na interpretação de Hochman (1994), o cientista é um investidor em credibilidade - recompensa, confiança, influência, reputação na capacidade de responder no futuro às expectativas e investimentos do presente; ele avaliará a qualidade de suas informações, os seus receptores, as probabilidades de convencê-los e sua estratégia de carreira, e buscará, permanentemente, a conversão de uma forma de credibilidade em outras.

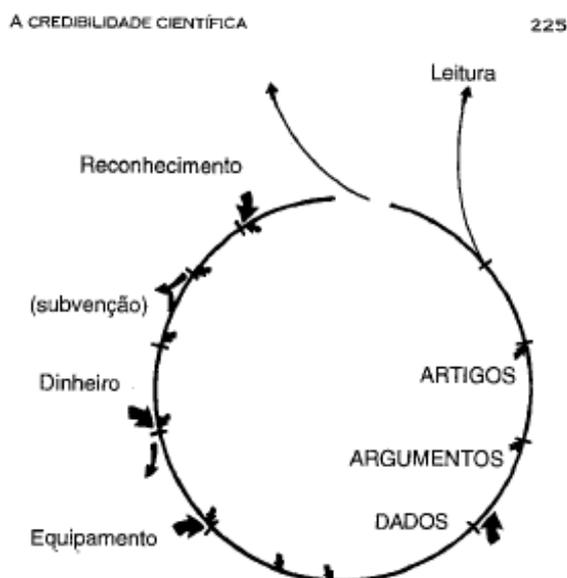


Figura 3.1 - Representação do ciclo de credibilidade (LATOUR; WOOLGAR, 1997 p.225)

A avaliação do crédito, “mercadoria de troca” envolve uma negociação na qual cada parte tenta avaliar o capital que o outro pode oferecer. Ou seja, a noção de credibilidade, baseia-se na capacidade de os pesquisadores tem para efetivamente praticar ciência. O reconhecimento tem sua origem nos comentários tecidos pelos pares, que servirá para um reinvestimento em sua carreira. Ao ganhar credibilidade, os pesquisadores favorecem o reinvestimento e um ganho posterior de credibilidade. Dessa forma, a credibilidade dos pesquisadores está diretamente relacionada ao desdobramento contínuo de recursos para seus trabalhos. Latour e Wollgar (1997) destacam ainda que

o sinal de um investimento bem sucedido para um pesquisador pode ser, por exemplo, o número de telefonemas recebidos, a aceitação de seus artigos, o interesse que os outros demonstram pelo seu trabalho, o fato de que ele seja mais facilmente acreditado ou ouvido com maior atenção, que lhe proponham melhores ocupações, que seus testes dêem resultados, que seus dados se acumulem de maneira mais confiável e formem um conjunto mais digno de crédito. O objetivo da atividade de mercado é

estender e acelerar o ciclo da credibilidade tomando como um todo" (LATOURE; WOOLGAR, 1997, p.233).

Em outras palavras, a noção de credibilidade pode ser aplicada a estratégias de investimento dos pesquisadores, as teorias epistemológicas, ou ao sistema de reconhecimentos científicos. Ao contrário do que se afirma, a confiabilidade dos dados não se distingue da avaliação dos indivíduos na especialidade, pois um pesquisador no laboratório avalia, simultaneamente, a qualidade dos dados, o nível do público e a estratégia de carreira. Na visão de Zarur (1994), partilhando das mesmas ideias de Latour e Woolgar,

Os laboratórios têm seus donos. Nesta conexão podemos encontrar dois papéis para o cientista: empresário, que vem de uma convergente acumulação de prestígio (crédito) e poder, oriundo de contatos com fontes financiamento e de controle de equipamentos e oportunidade de carreira; e a do técnico, do estudante de pós graduação, e do pesquisador que não se destacou politicamente, que estariam mais próximos de empregados da pequena empresa. (ZARUR, 1994, p. 40)

Latour entende esses espaços de produção da ciência como uma imbricada rede composta por diversos elementos, instâncias, interesses, parcerias, procedimentos, saberes etc., formadas por séries heterogêneas de elementos humanos e não-humanos. Dentre os elementos não humanos, o autor destaca o papel dos inscrites, os quais são definidos como "todo elemento de uma montagem ou toda combinação de aparelhos capazes de transformar uma substância material em uma figura ou em um diagrama" (LATOURE; WOOLGAR, 1997, p.44). Assim, os fenômenos são totalmente constituídos pelos instrumentos do laboratório, ou seja, com a ajuda dos inscrites, constrói-se uma realidade artificial da qual os atores falam como se fosse uma entidade objetiva. Nos artigos científicos, os pesquisadores comparam e opõem as inscrições literárias a outras com as quais elas se parecem e às que já se encontram nos artigos.

Latour e Woolgar (1997) consideram os cientistas como escritores, e o laboratório, com seus instrumentos e aparelhos, ambiente que proporciona inspiração para escrita dos artigos. Segundo os autores, os cientistas chegam a escrever de maneira "compulsiva" e "anotam meticulosamente"; parecem "romancistas particularmente escrupulosos que se sentem obrigados a anotar tudo o que veem, com medo de uma falha de memória". Além disso, também "controlam aparelhos", marcam tubos de ensaio e béqueres, criam dicionários, fichários e catálogos com milhares de registros, dados, produtos químicos, amostras de animais etc. (LATOURE, WOOLGAR, 1997, p. 40-42).

Assim, buscando compreender o interior de um laboratório, Latour destaca que existe um confronto “com uma estranha tribo que passa a maior parte de seu tempo codificando, lendo e escrevendo” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.42). O laboratório é então definido como sistema de inscrição literária. A inscrição literária é apontada por Latour e Woolgar (1997) como procedimentos de materialização dos objetos de estudo da ciência por meio de traços, pontos, gráficos, espectros e demais registros produzidos por aparelhos manipulados no sentido de tornar formal a literatura dos fenômenos que servirão de matéria prima para a elaboração dos enunciados científicos. Latour (2000) reforça seu pensamento afirmando que “o instrumento seja qual for sua natureza, é o que nos leva do artigo aquilo que dá suspensão ao artigo, dos muitos recursos mobilizados para criar as exposições visuais dos textos.” (p. 113) Desse conjunto visual surge um comentário verbal, definido pelo autor de “*porta-vozes*”, pessoas que observa a coisa- mapas, fotos, gráficos, amostras- está sendo inscrita. Não é apenas falar, é falar por meio dos resultados obtidos. “Os cientistas não dizem nada além do que está inscrito, mas sem seus comentários as inscrições dizem bem menos.” (p.119)

A arte de construir e empregar os "dispositivos capazes de definir figuras, traços ou inscrições fugidias" é apenas uma das habilidades desenvolvidas dentre aqueles que fazem ciência. Latour (1997, 2000) chama a atenção também para a arte da persuasão. Por meio desta, os pesquisadores convencem outros da importância do que fazem, da verdade do que dizem e do interesse que existe no financiamento de seus projetos. Assim, por meio de estratégias como, por exemplo, os recursos linguísticos que direcionam e chamam a atenção para aspectos relevantes do trabalho ou uso de referências (argumento de autoridade), os pesquisadores buscam convencer seus pares.

Sempre que aparece um grupo conflitante com as condições teóricas dominantes, estes encontram resistências. Latour (2000) salienta que “é fácil convencer um número pequeno de pessoas de alguma coisa quase óbvia; é muito mais difícil convencer um grande número de pessoas de algo muito distante ou mesmo contrário à corrente de crenças que elas nutrem” (p. 97).

O número de “amigos externos” contido em um texto, para Latour, é uma boa indicação de sua força, pois existe por trás de um pesquisador uma série de outros pesquisadores que fortalecem seus argumentos. Para o autor, esses amigos externos são aporte para que os pesquisadores consigam enfraquecer seus inimigos, paralisar os que não podem derrotar, garantindo uma comunicação segura entre os pares.

Uma das estratégias usadas nessas situações é denominado por Zarur (1994) de “confrontação *argumentativa*”, que consiste em uma comunicação informal entre os pares,

visando a consolidação mínima de posições, instaurar um sistema de recrutamento, utilizar meio de difusão alargada, para mostrar a relevância de seu trabalho para a comunidade. Kuhn (1998) já dizia que a capacidade de persuasão dos cientistas torna-se um elemento mais importante na afirmação de um novo paradigma.

As publicações constituem uma peça vital dentro da comunidade científica: para o pesquisador “a produção de artigos é a finalidade essencial de sua atividade” e a realização desse objetivo necessita de uma cadeia de operações de escrita, no qual o laboratório é o conjunto das forças produtivas, tornando possível esta construção. (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 70). Nesse sentido, as publicações adquirem especial importância dentro da comunidade científica, sobretudo os artigos publicados em revistas científicas especializadas reconhecidas na área (LATOUR, 2000). Ao publicarem seus trabalhos, os cientistas passam adquirir reconhecimento por outros cientistas que irão validar o conteúdo científico produzido. Ao serem aceitos, simbolicamente são recompensados, adquirindo reputação e se diferenciando na estrutura social da ciência. Conforme Guarido Filho (2014), um artigo científico reconhecido é resultado sociológico da atividade científica.

O aval final da criação de um fato está na publicação de artigos, sob o controle mais ou menos cerrado dos colegas da área: os artigos necessitam do parecer dos pares e de seu uso posterior por parte da comunidade para que suas afirmações sejam aceitas. Segundo o Latour e Woolgar (1997), um trabalho pode ser deformado de acordo com a necessidade do escritor/pesquisador, pode ser mal citado ou ainda pior, ser ignorado; e o mais importante, para se tornar uma afirmação precisa das gerações seguintes (Figura 3.2).

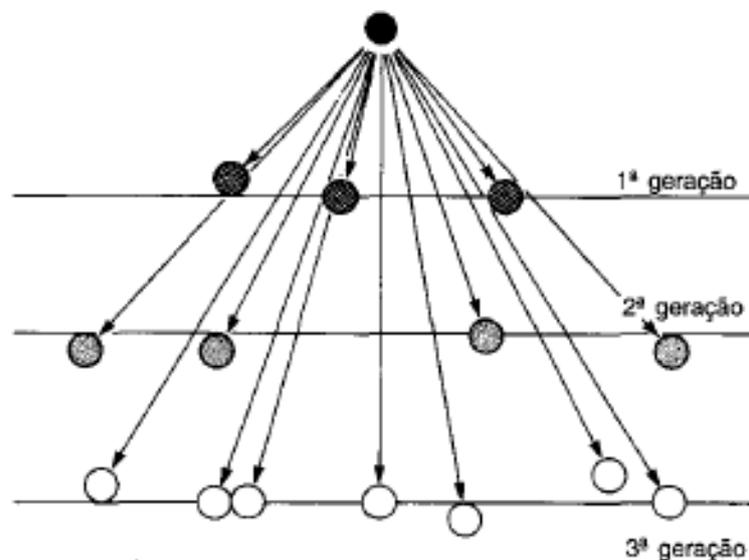


FIGURA 1.5

Figura 3.1 - A auto sobrevivência das obras (LATOURE, 2000, p.71)

Um dos principais problemas do pesquisador é escrever um artigo que interesse alguém o suficiente para chegar a ser lido. Para que os textos lidos sobrevivam, estes precisam ser citados por artigos posteriores, e não só por uma geração, mas por várias gerações, sempre de forma positiva. Para o autor, esse acontecimento é visto como um fluxo regular de setas, conforme a Figura 3.2. Esses novos textos, das novas gerações, agregam força a um fato já consolidado. Guarido Filho (2014) ainda reforça a visão de Latour, pois “somente tornando o conhecimento público, divulgando sua produção nos meios de comunicação acadêmica, especialmente em publicações, o cientista pode revelar e reivindicar a propriedade de sua colaboração, na medida em que passa a ser utilizada por outros” (p.135).

Além dos artigos altamente especializados, os quais representam a maior e mais importante produção bibliográfica dentro do laboratório, um pequeno percentual de textos científicos oriundos de um grupo de pesquisa são destinados ao público leigo. Estes preenchem "uma importante função de relações públicas, no sentido de que pode desempenhar um papel na obtenção de financiamentos públicos de longo prazo" (LATOURE; WOOLGAR, 1997, p.72).

O reconhecimento, prestígio do pesquisador, obtenção e manutenção de recursos para a pesquisa estão diretamente ligados à sua produção acadêmica. As relações entre cientistas seriam mais semelhantes às que ocorrem entre pequenas empresas que medem seu sucesso pelo crescimento das suas operações e a intensidade na circulação de seu capital. Análises de custo-benefício são aplicadas às várias dimensões da atividade científica, das decisões das agências de financiamento, à forma do artigo e em que revista publicá-lo. Dessa forma, a credibilidade dos pesquisadores está diretamente relacionada ao desdobramento contínuo de recursos para seus trabalhos.

Latour (2000) destaca ainda que os cientistas mobilizam uma série de estratégias retóricas - explicitando-as nos textos científicos – para dar sustentação às suas afirmações e adquirir credibilidade: indicam as instituições que financiaram suas pesquisas, mencionam os trabalhos já publicados por seu grupo (e as revistas de credibilidade que os aceitaram), destacam outros trabalhos ou grupos que têm interesse em seu campo de pesquisa, ressaltam as (possíveis) aplicações da pesquisa etc.

Para transformar uma dada afirmação em fato científico, as negociações, dentro e fora dos laboratórios, e o jogo de interesses se constituem em peças fundamentais na construção da ciência. Os pesquisadores passam, pois, a negociar com alianças políticas, com outros laboratórios, outros cientistas, até mesmo com o público, de forma a demonstrar o quanto suas

pesquisas são relevantes, ou, como a união de interesses semelhantes pode ser importante para a produção do conhecimento. Os atores que estão dentro e fora do laboratório prendem-se por uma complexa e tensa rede de elos de dependência e autoridade. Desse jogo, muitas das vezes, dependem a quantidade de recursos recrutados e o volume de trabalho passível de ser desenvolvido dentro do laboratório.

Assim como o Ciclo de Credibilidade, o autor demonstra por meio do “ciclo do fazer ciência” (Figura 3.3) alguns aspectos já discutidos, como os argumentos, que abarca não só a persuasão, mas também os argumentos de autoridade bem como as citações nos trabalhos. Fala também dos instrumentos e objetos, ou seja, do conjunto de inscrições literárias que tornam possível a construção dos artigos, sendo peça fundamental para o mesmo. Para que o ciclo de credibilidade aconteça, um pesquisador dentro da comunidade científica depende de todo um currículo construído ao longo de sua carreira, exercendo alguma influência entre os pares. A lista de publicações, os prêmios recebidos, os financiamentos, as cartas de recomendação, são indicadores da posição ocupada pelo pesquisador. Para Latour e Woolgar, o currículo pode ser comparado ao relatório financeiro anual de uma empresa. Ao ressaltarem a questão da hierarquia interna do grupo. Os técnicos, mesmo que sejam excelentes profissionais, são mais simples assalariados que investidores (LATOUR; WOOLGAR, 1979, p.218). Isso vale igualmente para aqueles que ainda não possuem um capital de credibilidade a ser invertido e convertido.

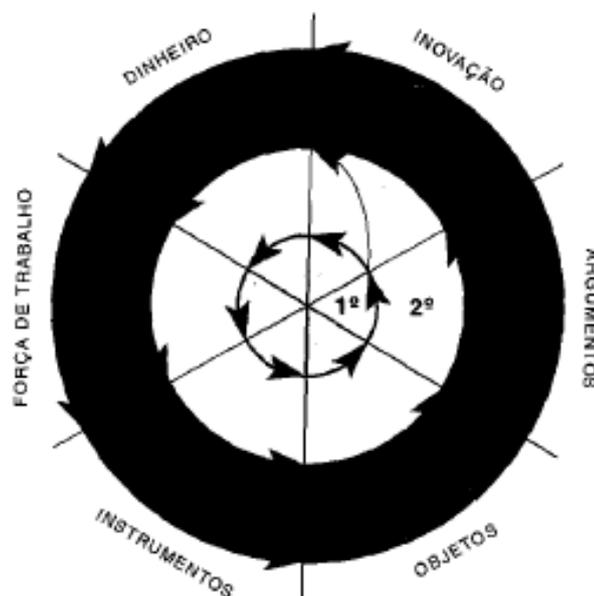


Figura 3.2 - Ciclo do "fazer ciência". (LATOUR, 2000, p.263)

A visão empresarial da ciência representada pela Figura 3.3, segundo o autor, é uma mistura de política, negociações de contratos, relações públicas etc. Na demonstração deste ciclo do “fazer ciência”, o cientista – dono do laboratório-, está sempre circulando pelos centros de decisões das empresas e de marketing. É por meio da ciência feita do lado de fora que há possibilidade de se criar seções em revistas especializadas, ter recurso para contratar novos técnicos, garantir a qualidade do material que chega ao laboratório, conseguir novas e modernas inscrições e aparelhos para o laboratório etc. Os que podem operar como investidores de capital são os líderes do laboratório, o principal pesquisador, o chefe do laboratório, que contrata e despede, com técnicos e cientistas trabalhando para ele, podendo ter seu capital acrescido sem estar engajado diretamente na atividade. Sua posição será mantida se continuar fazendo com que seu laboratório produza informações consideradas relevantes em áreas importantes, obtendo credibilidade, recursos e colaboração para uma conversão acelerada de um tipo de credibilidade a outro.

A retroalimentação entre os que fazem ciência do lado de fora tem possibilidade de manter os dentro por meio de novos recursos e subsídios. Para o autor, é uma rede, com diversidade de sujeitos envolvidos no processo da construção dos fatos, do qual apenas uma pequena fração corresponde aos cientistas (os de dentro) propriamente ditos. Contudo, para que o pesquisador alcance esta posição, é preciso eliminar os amadores, porém, mantê-los como força de trabalho, agradar os financiadores, angariando fundos para seus projetos, provar ao estado a relevância de seu trabalho, ainda conquistar um cargo importante nas Universidades, além de recorrer ao apoio da sociedade. Só assim, “quando tais batalhas estiverem parcialmente ganhas, ele obterá o apoio de colegas para a construção coletiva de alguns novos argumentos” (LATOUR, 2000, p.247).

Para fazer ciência, segundo Latour, a articulação externa do cientista como negociador/empresário é possível quando o pesquisador já possui um bom currículo, representado pelo capital cultural em termos de dinheiro, tempo, capacidade, lista de publicações e posições estratégicas ocupadas que irão influenciar em suas negociações e nos futuros financiamentos. “A questão da atribuição de influência, prioridade e originalidade entre os grandes cientistas é levada tão a sério quanto a da descoberta do herdeiro legítimo!” (LATOUR, 2000, p.222). Considerando ainda essa articulação externa, é normal e imprescindível que ocorra a competição/ disputa entre os pares. A estratificação da classe social da ciência deixa os donos de laboratório, ou seja, os cientistas de prestígio no topo da cadeia, seguido pelos cientistas responsáveis pelo processo interno descendo até o estudante de pós-

graduação ou iniciação científica. A busca pela patente de um produto, insumos, recursos, fomentos está cada vez mais difícil, realizadas em pequenos grupos.

Sobreviver nesse grupo restrito não é fácil, o cientista precisa estar atento à reputação de seus oponentes, à base de suas pesquisas e se cometeram algum erro nas análises divulgadas nos artigos. Produzir um contra-argumento é caro, requer laboratórios caros, muito bem equipados, possibilitando a reconstrução do já foi feito pelo concorrente e posterior contra-argumento. A concorrência acarreta cada vez mais laboratórios bem estruturados e complexos, existe uma relação direta entre os recrutamentos externos e a quantidade de trabalho que pode ser desenvolvido no laboratório. Latour alega que quando “se discute mais e se chega ao limiar da construção dos fatos, os instrumentos tornam-se visíveis e com eles, sobe o preço de se continuar a discussão” (LATOURE, 2000, p.116).

Essa nova situação de trabalho científico transforma-se numa força produtiva de tecnologia e pela tecnologia. Nessa fase, a luta mais importante é pelos investimentos públicos e privados, no qual o conhecimento científico pode ser concebido sociologicamente por meio de grupos de cientistas que competem por recursos. É uma busca constante para que seus dados sejam aceitos e que seu trabalho tenha reconhecimento dos colegas. O importante, como diz Latour (2000) “é alistar pessoas na construção dos fatos, além de controlar seus interesses como investidores que acreditam no seu trabalho e o financie, como uma troca de interesses.” (p.178).

Para conseguir o apoio das empresas, ou agências de fomento governamentais, Latour aponta para algumas estratégias como deslocar objetivos ou até mesmo criar novos objetivos, sem que seu projeto inicial se comprometa. Serão novos olhares, novas perspectivas para o seu projeto – inicial – que precisará de novas alianças, novos grupos de pesquisadores que apoiem sua ideia, e grupos que incentive uma relação mercadológica. Para o autor, este “transladar de interesses significa, ao mesmo tempo, oferecer novas interpretações desses interesses e canalizar as pessoas em direções diferentes” (LATOURE, 2000, p. 194).

A reflexão de Nogueira e Gigante (2014) sobre a translação sustenta ainda a mesma perspectiva que Latour (2000). “A conexão entre conhecimento e interesse [...] nos revela o externalismo da ciência em um cenário de financiamento das pesquisas por agências de fomento das esferas pública ou privada” (p. 112). Dessa forma, o campo científico é remodelado devido ao poderio financeiro de definição do campo dos problemas e dos quebra-cabeças mais relevantes para a sociedade. Para tal, os pesquisadores analisam com cuidado o tipo de informação a ser veiculada, quando e onde elas podem ser apresentadas para a comunidade científica, bem como os direcionamentos da própria pesquisa.

Para Latour (2000), grupos concorrentes que não possam mobilizar o volume de recursos necessário para a nova escala da competição são eliminados. Estamos diante de um novo equilíbrio, frágil, que, longe de refletir um campo estático dividido entre dominadores e dominados, se estrutura em uma competição permanente que, a qualquer momento, por insucesso ou mobilização de outros cientistas, pode levar à reorganização de toda a área ou do campo de pesquisa - inclusive, as posições dos cientistas na área de pesquisa são voláteis e dependem de habilidade estratégica.

Há também algumas das ideias de Latour sobre as práticas contemporâneas da ciência que podem ser sumarizadas no modelo que denominou de sistema circulatório dos fatos científicos (Figura 3.4), que complementa a noção de ciclo de credibilidade. Ao descrevê-lo, o autor adverte que "é impossível, por definição, dar uma descrição geral de todos os laços surpreendentes e heterogêneos que explicam o sistema circulatório encarregado de manter vivos os fatos científicos; mas talvez possamos esboçar as diferentes preocupações que todos os pesquisadores terão de alimentar ao mesmo tempo caso queiram ser bons cientistas" (LATOURE, 2001, p. 117).

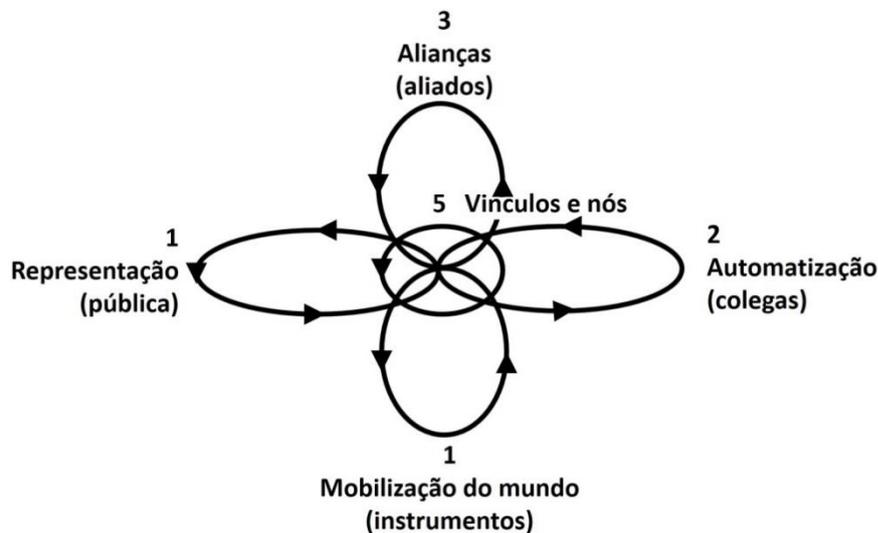


Figura 3.4 - Circuitos que constituem o sistema circulatório dos fatos científicos (LATOURE, 2001, p.118)

O sistema é formado por cinco diferentes circuitos que constituem a circulação dos fatos científicos. O primeiro deles é denominado mobilização do mundo e representa os meios pelos quais os não-humanos (técnicas, instrumentos, equipamentos, levantamentos, questionários) são inseridos no discurso da ciência. Ou seja, os modos pelos quais os não-humanos são tornados móveis, trazidos para as controvérsias. Por meio dessa mobilização, o

mundo se converte em argumentos, isto é, dá ao discurso das pessoas mais autoridade e segurança. Pode ser comparado com as inscrições literárias e seus porta-vozes.

Já a autonomização diz respeito ao modo pelo qual uma disciplina, uma profissão ou uma "congregação invisível" se torna independente e engendra seus próprios critérios de avaliação e relevância. Os cientistas precisam, pois, encontrar colegas, grupo de pares, capazes de criticar e/ou utilizar seus trabalhos para formar um campo sólido de conhecimento. De uma outra forma, também estamos falando da importância das publicações e de seu uso por autores posteriores, não só a consolidação dos resultados em fatos, mas também, para gerar crédito aos autores citados, possibilitando mais prestígio entre os pares e prováveis novos investidores para seus trabalhos.

No circuito das alianças, são trazidas pessoas de fora para que a disciplina possa ter continuidade e êxito garantido. "A construção do fato é um processo tão coletivo que uma pessoa sozinha só construirá sonhos, alegações e sentimentos, mas não fatos" (LATOUR, 2000, p. 70). As alianças marcam o ritmo das pulsações, acelerações ou retardamentos no fluxo de informação científica. As pesquisas comumente são realizadas por meio de colaborações de outros pesquisadores, sejam da mesma área ou de áreas distintas ou ainda grupos grandes, ricos e competentes que precisam ser mobilizados para que o trabalho científico se desenvolva em qualquer escala. Essas colaborações favorecem o compartilhamento de conhecimentos e técnicas especializadas, fortalecendo e ampliando a pesquisa, minimizando possíveis controvérsias.

Como visto anteriormente, as alianças não se resumem apenas em translações entre interesses, elas também ocorrem entre pesquisadores de instituições distintas ou da mesma instituição, mas de área diferente. As alianças aumentam a movimentação dos enunciados entre os que se encontram envolvidos na comunidade científica, como os próprios cientistas, políticos, militares ou mesmo burocratas de Estado. Na mão dos aliados, os "fatos em construção" circulam em outros laboratórios, nas assembleias ou parlamentos, quartéis, agências governamentais, estabelecendo gradativamente os enunciados que precisam ser aceitos e os cientistas escutados. (LATOUR, 1997; 2000)

A representação pública é a relação dos cientistas com o mundo exterior formado por pessoas comuns. Tal circuito inclui o que é conhecido, como o contato do mundo científico com a sua dimensão exterior. Entretanto, a representação pública não é mais exterior do que os anteriores; o fluxo de informações que circula neste circuito alimenta os demais, como outrora visto. Tais parcerias desempenham um papel importante na obtenção de novos recursos

materiais e humanos, evidencia a relação dos cientistas com o mundo externo ao laboratório. O trabalho de muitos pesquisadores depende da percepção pública da ciência.

Por fim, o quinto circuito – os vínculos ou nós no centro da rede (conceitos científicos) – mantém juntos os inúmeros recursos heterogêneos dos outros quatro circuitos. Por fim, o circuito chamado vínculos e nós. Trata-se do que é conhecido como conteúdo conceitual da ciência, considerado por boa parte dos estudiosos dos saberes científicos como a parte mais difícil de ser estudada em função do aparente hermetismo dos textos científicos produzidos em áreas distintas daquelas nas quais são formados os pesquisadores. Ao invés da metáfora do núcleo (conteúdo conceitual) e do contexto (demais circuitos), a adotada por Bruno Latour é a de um nó cuja amarração depende da capacidade de manter juntos os elementos arrolados nos circuitos anteriores.

Assim firmamos a visão do cientista como estrategistas "escolhendo o momento mais oportuno, engajando-se em colaborações potencialmente frutíferas, avaliando e ansiando por oportunidades". As posições relativas no campo, ao serem alteradas, modificam todo o campo. A habilidade política estaria no centro da prática científica: quão melhor político e estrategista for o cientista, melhor será sua ciência (LATOURE; WOOLGAR, 1997 p.213).

Dessa maneira, inferimos que Latour proporciona uma nova perspectiva sobre o trabalho do cientista, permitindo incluir elementos na prática das ciências que não fazia parte do escopo tradicional dessas formas de estudo, pois o autor acredita que as análises das atividades científicas devem ser trabalhadas simultaneamente, o lado de dentro e o de fora do processo de produção do conhecimento propriamente dito.

As obras de Latour, portanto, nos apresentam diversos aspectos a respeito da prática da ciência e do cotidiano do cientista. Acreditamos que tais aspectos possam servir de base para investigar questões dessa natureza nos textos de divulgação científica da *revista Minas Faz Científica*.

4. PERCURSO METODOLÓGICO

Diferentemente da arte e da poesia que se concebem na inspiração, a pesquisa é um labor artesanal, que se não prescinde da criatividade, se realiza fundamentalmente por uma linguagem fundada em conceitos, proposições, métodos e técnicas, linguagem esta que se constrói com um ritmo próprio e particular. Minayo, 2000

Tendo em vista a intencionalidade desta pesquisa – investigar características sociológicas dentro na prática da ciência por meio de textos de divulgação científica na revista *Minas Faz Ciência* – desenvolvemos uma pesquisa qualitativa, pois se caracteriza pela preocupação com a compreensão ou interpretação dos fenômenos sociais. Para Mason (2006), a pesquisa qualitativa “oferece um enorme potencial para a geração de novas formas de compreender as complexidades e os contextos de experiência social, e para melhorar a nossa capacidade de explicação social e generalização” (p.10, tradução nossa).

A adoção da compreensão das ações no texto requer uma abordagem hermenêutica, na qual a interpretação ocorre em um processo de movimento constante entre as partes e o todo. Trata-se de explorar, tanto quanto possíveis contornos e contextos de processos sociais, e em seguida, fazer comparações estratégicas em contextos semelhantes, gerando assim explicações (MASON, 2006).

Entres os vários processos metodológicos qualitativos, daremos uma abordagem fenomenológico-hermenêutico, na qual, segundo Santos Filho e Gamboa (2002), o processo se inicia por meio de um texto (nosso foco) e encaminha-se a uma recuperação da compreensão do contexto. Para os autores, o conhecimento acontece quanto o pesquisador consegue captar suas essências, procurando dar sentido às suas interpretações. A opção por este tipo de abordagem em nossas pesquisas é importante, pois o pesquisador aparece como intérprete do objeto, decodificando-o subjetivamente o sentido real que está implícito nos TDC, para posteriormente oferecer significado a partir da manifestação encontradas nos textos analisados.

Diversos métodos analíticos são utilizados para se aproximar da realidade social. Nesta pesquisa adotamos o caráter documental na busca de compreendê-la de forma indireta por meio da análise dos inúmeros tipos de documentos produzidos pelo homem. Assim, os documentos históricos (jornais, revistas, diários, obras literárias, científicas e técnicas, cartas, memorandos, relatórios) são fontes naturais de informações, pois tem origem num determinado contexto histórico, econômico e social.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a NBR 6023 (2002, p.2), considera um documento

Qualquer suporte que contenha informação registrada, formando uma unidade, que possa servir para consulta, estudo ou prova. Inclui impressos, manuscritos, registros audiovisuais e sonoros, imagens, sem modificações, independentemente do período decorrido desde a primeira publicação.

Para Godoy,

o exame de materiais de natureza diversa, como as revistas, que ainda não receberam um tratamento analítico, ou que podem ser reexaminados, buscando-se novas e/ ou interpretações complementares, constitui o que estamos denominando Pesquisa Documental”. (GODOY, 1995, p.22)

Lüdke e André (1986) afirmam que a pesquisa documental, “constitui uma técnica valiosa de abordagem de dados qualitativos.” (p.38). De caráter exploratório, mostra aspectos subjetivos e atinge motivações não explícitas, ou mesmo conscientes, de maneira espontânea. Os autores também enfatizam que “os documentos, material escrito que pode ser utilizado como fonte sobre o comportamento humano, constituem uma fonte poderosa na qual podem ser retiradas evidências que fundamentem afirmações e declarações do pesquisador” (p.39).

Esse tipo de pesquisa é utilizado quando se busca percepções e entendimento sobre a natureza geral de uma questão, abrindo espaço para a interpretação. Na visão de Cellard (2008), “o documento permite acrescentar a dimensão do tempo à compreensão do social” (p.295). Dessa forma, podemos analisar as práticas da ciência materializadas por meio do documento: a revista *Minas Faz Ciência*.

A escolha deste documento, como antes mencionado, deve-se ao fato de ser uma revista de divulgação científica financiada pela FAPEMIG que contém artigos que relatam pesquisas desenvolvidas sobretudo no estado de Minas Gerais, com o objetivo de aproximar o diálogo entre a ciência e a sociedade, utilizando linguagem clara e acessível.

Além disso, por ser gratuita e possuir uma boa tiragem, seu uso no contexto educacional poderia ser facilitado. Outro ponto que vale destaque é, de acordo como a assessora de comunicação Vanessa Fagundes, sempre que tem um pedido de assinatura solicitado por uma escola eles procuram atender, devido ao caráter da revista, levar informações fomentando o debate e propiciar o desenvolvimento dos cidadãos, discutido anteriormente no capítulo dois, quando discutimos sobre nosso documento.

Formam selecionados para análise, textos publicados na revista no período de 2012 a 2014, pelo fato de conterem as notícias mais recentes sobre os avanços científicos e evoluções tecnológicas no Estado de Minas Gerais, além de possibilitarem evidenciar algumas práticas da

ciência atual. Reuniu-se, então, um total de 12 exemplares que nos permitiria verificar quais aspectos da sociologia da ciência estão mais presentes neste tipo material.

Para não deixar nenhuma edição de fora do nosso *corpus*, decidimos que deveria conter uma reportagem de cada publicação trimestral da revista. Já para a escolha dos textos para compor nosso *corpus*, as reportagens deveriam reportar resultados de pesquisas na área das Ciências da Natureza (primeiro recorte).

O segundo recorte para a escolha dos TDC foi por meio de uma “leitura flutuante”, na qual buscamos localizar artigos que apresentassem determinadas palavras identificadoras que remetam a práticas contemporâneas da ciência, de acordo com o referencial, tais como: patente, artigos, publicações, revistas, agências de fomento, investimento, aplicações, desenvolvimento, parcerias, indústrias, reconhecimento, divulgação etc.

Os TDC selecionados a partir dos critérios acima citados estão listados a seguir a apresentados na íntegra no Anexo A.

- **Texto A:** Brito, K. (2012). O que falam as trilhas. *Revista Minas Faz Ciência*, v.48, 38-39.
- **Texto B:** Lima, A. (2012). Paleta de cores ameaças. *Revista Minas Faz Ciência*, v.49, 16-19.
- **Texto C:** Fonseca, V. (2012a). Quando tempo é vida. *Revista Minas Faz Ciência*, v.50, 12-15.
- **Texto D:** Fonseca, V. (2012b). Uma pedra no meio do caminho. *Revista Minas Faz Ciência*, v.51, 16-19.
- **Texto E:** Ferraz, W. (2013a). Sentinelas do clima. *Revista Minas Faz Ciência*, v.52, 31-33.
- **Texto F:** Ferraz, W. (2013b). Da vaca ao Squeeze. *Revista Minas Faz Ciência*, v.53, 33-35.
- **Texto G:** Fagundes, V. (2013). Vacinas atenuadas. *Revista Minas Faz Ciência*, v.54, 33-35.
- **Texto H:** Fonseca, V. (2013). Bactérias pró-saúde. *Revista Minas Faz Ciência*, v.55, 39-42.
- **Texto I:** Fonseca, V. (2014). Nos menores “frascos”, os melhores medicamentos. *Revista Minas Faz Ciência*, v.56, 17-20.

- **Texto J:** Mantovani, C. A. (2014a). O cérebro e seus teoremas. *Revista Minas Faz Ciência*, v.57, 41-44.
- **Texto K:** Mantovani, C. A. (2014b). Cheiroso e ecológico. *Revista Minas Faz Ciência*, v.58, 37-40.
- **Texto L:** Teixeira, V. (2014). Menos quilo, mais futuro. *Revista Minas Faz Ciência*, v.59, 37-30.

4.1 Análise Textual Discursiva

A metodologia escolhida para a análise dos dados foi Análise Textual Discursiva, descrita por Moraes e Galiazzi (2013), a qual possibilita expressar novas compreensões sobre o *corpus* analisado, justificando não só o uso da pesquisa qualitativa de caráter documental. Essa estratégia metodológica oferece um modo de analisar a produção a partir de construções de categorias que não, necessariamente, precisam ser excludentes oferecendo com isso, um olhar mais holístico e abrangente. Usaremos a sigla – ATD – ao se referir a Análise Textual Discursiva.

Para os autores, a ATD

em seu todo é comparado a uma tempestade de luz. Consiste em criar as condições de formação dessa tempestade em que, emergindo do caótico e desordenado, formam-se flashes fugazes de raiz de luz sobre os fenômenos investigados, que, por meio de um esforço de comunicação intenso, possibilitam expressar novas compreensões alcançadas ao longo da análise. (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 12)

Para os autores o *corpus* deve ser constituído essencialmente por produções linguísticas que se referem a um determinado fenômeno e originadas em um determinado tempo e contexto. Os textos que compõem o corpus de análise podem ser aqueles produzidos especialmente para a pesquisa (entrevistas, questionários, entre outros), como aqueles textos previamente existentes. O *corpus* então é um conjunto de produções linguísticas, como os TDC, que apresente aspectos válidos e representativos em relação aos fenômenos investigados. Descrevemos, a seguir, o ciclo que caracteriza a Análise Textual Discursiva, conforme Figura 4.1.

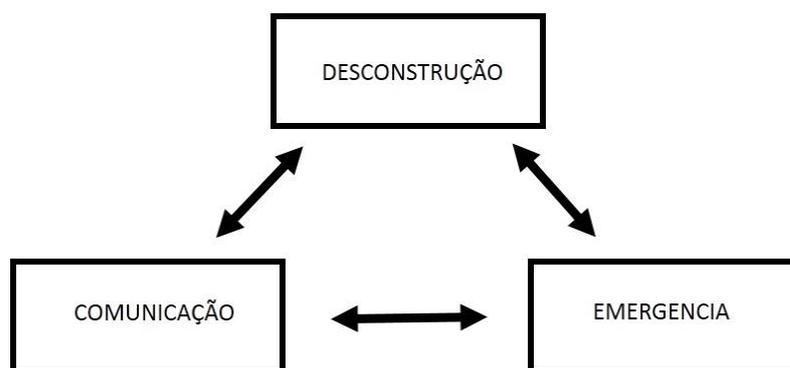


Figura 4.4-1 - Ciclo de análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 41)

A **unitarização/ desconstrução**, primeira etapa da Análise Textual Discursiva, caracteriza-se por uma leitura cuidadosa e aprofundada dos dados em um movimento de separação das unidades significativas. Segundo Moraes e Galiazzi (2006), os dados são “recortados, pulverizados, desconstruídos, sempre a partir das capacidades interpretativas do pesquisador (p. 132)”. Nesta fase, uma condição necessária é o estabelecimento de uma relação íntima e aprofundada do pesquisador com seus dados. É o momento em que o pesquisador olha de várias maneiras para os dados, descrevendo-os incessantemente; constrói várias interpretações para um mesmo registro escrito, e a partir desses procedimentos, surgem as unidades de significados.

Nessa etapa, “implica examinar os textos em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados” (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 11), tendo o cuidado de se manter o contexto no qual o fragmento foi retirado. Neste momento do processo deve-se colocar o foco nos detalhes e nas partes dos componentes dos textos, uma fase de decomposição que toda análise requer. É o próprio pesquisador quem decide em que medida fragmentará seus textos.

Dessa desconstrução dos textos surgem as unidades de análise, que posteriormente, darão origem às categorias de análise. Para cada unidade de análise, Moraes e Galiazzi (2006) sugerem que se use um título, o qual deve apresentar a ideia central da unidade, a escolha das unidades é muito importante, pois os resultados da pesquisa são muito sensíveis aos tipos de unidades trabalhados. Essas categorias que possibilitam uma nova compreensão, resultando em um metatexto, que se apresenta como produto de uma nova combinação dos elementos construídos ao longo dessas etapas.

A segunda fase é a **categorização**, que consiste na “na organização, ordenamento e agrupamento de conjuntos de unidades de análises, sempre no sentido de conseguir expressar novas compreensões dos fenômenos investigados (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 74)”. Pode ser de natureza objetiva e dedutiva, conduz a categorias *a priori*, ou de natureza subjetiva e indutivo, que produz categorias emergentes. Na categoria intuitiva, o pesquisador constrói as categorias de forma gradativa, durante o processo. Tais categorias equivalem a estruturas compreensivas dos fenômenos. A construção das categorias se dá por meio de elementos semelhantes, e possibilita uma reconstrução permanente que está associada à produção de uma compreensão cada vez mais profunda dos fenômenos.

É um processo longo e exigente, requer aprofundamento nas informações e, ao mesmo tempo, eliminar o excesso de informações, apresentando o fenômeno de modo sintético e ordenado. “É um processo de criação, ordenamento, organização e síntese. Constitui, ao mesmo tempo, processo de construção de compreensão de fenômenos investigados, aliada à comunicação dessa compreensão por meio de uma estrutura de categorias”. (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 78). No final do processo de categorização, estas devem ser representações válidas das teorias emergentes da análise.

O processo de categorização das unidades se caracteriza pelas propriedades com validade ou pertinência, dada pela propriedade mais destacada; homogeneidade onde os critérios utilizados devem ser descritos e explicitadas com clareza; a amplitude e precisão, nas quais as mais gerais e amplas contém subcategorias mais restritas e de menor amplitude; também deve ser exaustivo, ou seja, deve reunir todos os materiais pertinentes ao estudo; e pôr fim, a não exclusão mútua, na qual uma mesma unidade pode ser lida de diferentes perspectivas, desta forma, uma mesma unidade possa ser classificada em mais de uma categoria, ainda que com sentidos diferentes. Para os autores a categorização é a “base de um metatexto, a descrição constitui a parte deste voltada a expressar de modo mais direto e imediato essa compreensão associada às categorias” (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 90).

A terceira e última fase, discursiva diz respeito a construção de um metatexto pelo pesquisador tecendo considerações sobre as categorias que ele construiu. Segundo Moraes (2003),

os metatextos são constituídos de descrição e interpretação, representando o conjunto um modo de compreensão e teorização dos fenômenos investigados. A qualidade dos textos resultantes das análises não depende apenas de sua validade e confiabilidade, mas é, também, consequência do pesquisador assumir-se como autor de seus argumentos (p. 202).

Nessa fase se estabelecem pontes entre as categorias e buscam-se possíveis sequências para uma possível organização, objetivando expressar com clareza as novas intuições e compreensões atingidas. O pesquisador se esforça em expressar por meio de linguagens das principais ideias emergentes, suas intuições e novos entendimentos. No movimento da escrita o desafio do pesquisador é conseguir expressar seus pensamentos, os argumentos originais, de forma clara e organizada. Para os autores é o movimento do caos para a ordem.

Segundo Moraes e Galliazzi (2013), esta etapa deve ser estruturada a partir das categorias em uma produção textual que compõe as descrições, interpretações e novas argumentações, conforme Figura 4.2.

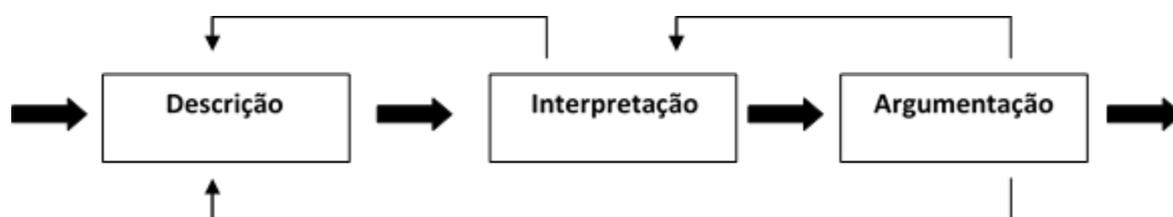


Figura 4.4-2 - Componentes de uma produção escrita resultante da Análise Textual Discursiva (MORAES e GALLIAZZI, 2007, p. 97)

Desta forma, o pesquisador estará representando em seu conjunto, a teorização e a compreensão, construídas a partir da pesquisa. O ato de descrever, para os autores, é expressar de modo organizado os sentidos e significados, expondo os elementos constituintes de suas análises e as relações existentes entre eles, aqui estão seus resultados de pesquisas. Esta fase precisa ser logicamente estruturada, densas, com intensas ancoragens na realidade empírica (no contexto do texto de origem e seguindo seus referenciais). É a expressão de modo organizado, dos sentidos e significados construídos a partir de análises logicamente estruturadas, garantido pelo sistema de categorias.

Interpretação é parte do processo de teorização e expressa as novas relações e inferências entre os elementos, dando novos sentidos e novos significados, explorando e explicitando dinâmicas cada vez mais profundas dos fenômenos. Nesse momento, o pesquisador explicitará as relações emergidas das categorias, havendo um trasladar entre o abstrato e o afastamento da realidade, manifestando novos entendimentos e construções teóricas produzidas na pesquisa (MORAIS; GALIAZZI, 2013, p. 100).

Na argumentação, ocorre a teorização das compreensões e argumentos em relação os elementos resultantes da análise. Os argumentos vão além das citações e categorias, eles devem ter fundamentos empíricos e teóricos de tal forma que sejam validados. Para os autores o

sucesso na elaboração dos argumentos, vai além das bases do referencial teórico, é necessário investir no pensamento próprio, ser criativo e original, estabelecendo relações entre os elementos de base e as categorias emergidas. “É conseguir enxergar além do que o discurso dominante permite” (MORAES; GALIAZZI, 2013, p.2013). Podemos dizer então que a ATD serve como ferramenta para uma melhor compreensão e análise do *corpus* desta pesquisa.

5. ANÁLISE DE TEXTOS DA REVISTA *MINAS FAZ CIÊNCIA*

“A ciência é uma experiência de intelectualização. Implica o abandono da credulidade, enquanto categoria de conhecimento, colocando em seu lugar o problema da obtenção de evidência adequada para se alicerçar descobertas e solucionar problemas” (HAYASHI, et al 2013).

Nesta pesquisa lançamos o olhar sobre os textos que compõem nosso *corpus*, no sentido de buscar identificar elementos do funcionamento da ciência neles expressos. O primeiro momento de nossas análises foi a unitarização, conforme descrito no capítulo anterior, emergindo então, as categorias principais, nos quais agrupamos algumas subcategorias. Assim, pautadas nos estudos de Bruno de Latour sobre a sociologia da ciência, obtivemos cinco grandes aspectos (categorias) do funcionamento da ciência presentes nos textos analisados da revista *Minas Faz Ciência*, conforme apresentamos no quadro 5.1. Nesse quadro também indicamos os respectivos TDC nos quais cada categoria/subtecorias foram observadas. Portanto, nem todas as subcategorias foram verificadas em todos os TDC analisados.

Quadro 5.1- Categorias emergentes da análise dos textos da revista *Minas Faz Ciência*.

Categorias	Subcategorias	Textos nos quais as categorias foram identificadas
------------	---------------	--

A ciência como construção coletiva	O trabalho em grupo dentro do laboratório	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, L
	Alianças entre instituições	B, D, E, G, I, J, K
	Alianças dentro da instituição	C, E, H, I, J, K
	Importância das referências externas	A, D, G, H, I, L
	Grupos que trabalham na mesma linha de pesquisa	C,I
A persuasão na ciência	O uso do argumento de autoridade	C, D, E, G, H, I, J, L
	Audácia	B, C, E, G, H, I, L
	Cautela	A, B, C, D, H, J, L
	Papel dos inscritesores	A, C, D, J, L
Influência dos fatores externos na construção dos fatos	Relevância social	C, D, E, H, I, J, K
	Patente	B, C, G, H, K
	Investimentos do setor privado	C, G, H,
	Mercado consumidor	F, I
A dinâmica de trabalho do pesquisador	Gerenciamento de recursos humanos	B, F, G, H, I
	Cientista com visão empresarial	B, D, F
	O trabalho burocrático	I, K
O ciclo de credibilidade do pesquisador	Obtenção de financiamento	A, C, D, E, F, G, H, J, K, L
	Importância do currículo	F, G, I, J, K
	Importância das publicações	C, G, J, K

a) A ciência como construção coletiva

Uma das categorias mais recorrentes nos textos analisados foi a ciência como construção coletiva. Nessa categoria foram incluídos aspectos que demonstram o caráter social da ciência, tais como: o trabalho em grupo dentro do laboratório; as alianças entre diferentes instituições e aquelas que ocorrem dentro da mesma instituição; outros grupos trabalhando na mesma linha de pesquisa; a importância das referências externas.

Segundo Latour (2000), “a construção do fato é um processo tão coletivo que uma pessoa sozinha só construirá sonhos, alegações e sentimentos, mas não fatos” (p. 70). Esse é um ponto importante, destacado pelo autor. A ideia de que o desenvolvimento científico não

depende apenas de esforços individuais de gênios isolados em seus laboratórios pode ser evidenciada por meio da análise sociológica de Latour.

Nos textos analisados, observamos exemplos **do trabalho em grupo dentro do laboratório**. Verificamos que vários membros do laboratório contribuem para o desenvolvimento das pesquisas, por meio de debates em grupo, tomada decisões coletivas, divisão de tarefas etc. Esse aspecto da construção da ciência pode ser evidenciado nos trechos a seguir:

“Após uma série de debates no grupo, contudo, resolvemos investir no Transponder”. (Texto B, grifo nosso)

A produção dos eletrodos impressos está em fase de desenvolvimento, coordenada pelo professor João Marcos Maduro, do laboratório de Filmes Poliméricos e Nanotecnologia, sendo que a equipe criou uma tinta com elevada condutividade e estabilidade para a aplicação sobre o substrato de cerâmica. (Texto C, grifo nosso)

A partir disso, a equipe focou em modelos de doenças autoimunes “clássicas”, como esclerose múltipla, diabetes e artrite, além de algumas enfermidades degenerativas crônicas, a exemplo da aterosclerose, da obesidade, da doença de Chron e da colite ulcerativa. (Texto H, grifo nosso)

Além do texto escrito, a revista também traz algumas imagens que demonstram o trabalho entre os membros do laboratório dentro de uma pesquisa, conforme exemplificado a seguir:



Equipe conta com profissionais de diferentes formações, nas áreas de Ciências Biológicas e Exatas

(Texto C)

Mas o trabalho coletivo na ciência não se restringe aos membros laboratório: uma aliança entre grupos de pesquisa são comumente estabelecidas para a construção do conhecimento científico. Latour e Woolgar (1997) ressaltam que o trabalho coletivo rende muito mais frutos ao pesquisador. Quanto mais contatos ele tiver, mais recursos ele poderá conseguir. Esses recursos são posteriormente convertidos em insumos, fornecendo dados e argumentos, resultando em novas publicações.

Dessa forma, as alianças marcam o ritmo das pulsações, acelerações ou retardamentos no fluxo de informação científica. As pesquisas comumente são realizadas por meio de colaborações entre pesquisadores, sejam da mesma área ou de áreas distintas, ou ainda grupos grandes, ricos e competentes que se mobilizam para que o trabalho científico se desenvolva em grande escala.

Uma das formas de alianças presentes na ciência é aquela que ocorre entre diferentes grupos de pesquisa, de diversas áreas do conhecimento, **dentro da mesma instituição**. Os trechos expostos a seguir evidenciam esse tipo de aliança entre os pesquisadores:

Tendo em mente a importância de reduzir o período necessário para detecção dos marcadores específicos e proporcionar mais agilidade ao diagnóstico, foi que os pesquisadores do Laboratório de Biomaterias (Ingeb) e do Laboratório de Filmes Poliméricos e Nanotecnologia (Instituto de Química) da Universidade Federal de Uberlândia propuseram um método que utiliza biossensores. (Texto C, grifo nosso)

Devido ao caráter multidisciplinar, o projeto envolve profissionais com diferentes formações nas áreas de Ciências Biológicas e Ciências Exatas, propiciando a integração de grupos que atuam em diferentes áreas de pesquisa e inovação tecnológica na UFU. (Texto C grifo nosso)

Esses trechos revelam que as colaborações entre os grupos favorecem a troca de informações. Essas trocas são necessárias para a realização de muitas pesquisas nas quais um grupo isoladamente não conseguiria desenvolvê-la, uma vez que dependem de conhecimentos e tecnologias específicas de outras áreas da ciência. Portanto, nos exemplos descritos sobre as alianças entre diferentes grupos, evidenciamos a interdisciplinaridade na ciência, viabilizada por meio da colaboração entre pesquisadores oriundos de diversos campos do saber.

Latour e Woolgar (1997) destacam ainda que a colaboração entre os pesquisadores pode envolver o empréstimo de capital material ou intelectual, sob a forma de instrumentos, técnica, espaço e até mesmo a credibilidade do grupo. Os nomes dos parceiros de um cientista também contribuem para o reconhecimento de seu trabalho dentro da comunidade científica, o que pode auxiliar na obtenção de mais recursos para a pesquisa.

Além disso, conforme descrito por Latour e Woolgar, os fatores econômicos (alto custo das pesquisas como equipamentos/investimentos) representam um aspecto que influencia fortemente o trabalho do pesquisador. Nesse sentido, muitas pesquisas são viabilizadas por meio do trabalho em rede.

Dessa forma, além das alianças entre pesquisadores da mesma instituição, ocorrem também parcerias entre grupos de instituições distintas. Os trechos a seguir mostram exemplos de **alianças entre instituições**, as quais foram estabelecidas no intuito de possibilitar o compartilhamento de dados, informações e conhecimentos, viabilizando o avanço das pesquisas.

Em seguida, o estudo foi desenvolvido com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), processo que conferiu alto grau de excelência à investigação devido à expertise no campo dos fenômenos atmosféricos. [...] Por meio de colaboração e acesso aos dados do Inpe e de outras instituições de ensino espalhadas por diversos pontos do continente sul-americano, nossos estudos conquistaram posição de

*vanguarda no país, alcançando reconhecimento global, completa.
(Texto E, grifo nosso)*

Em Minas, duas redes consolidadas reúnem cientistas da área e interação entre si, contribuindo para o avanço das pesquisas: Agronano, coordenada pela Embrapa, e Nanobio-MG, mantida pela FAPEMIG. [...] Por meio de um acordo binacional entre a Embrapa e o Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (Inta), da Argentina, testes estão em andamento nos dois países (Texto I, grifo nosso)

A construção coletiva do conhecimento também se dá por meio do trabalho de diferentes grupos que pesquisam uma mesma temática, ainda que não estabeleçam parcerias diretas. Portanto, nos textos analisados também evidenciamos a ciência como construção coletiva por meio da descrição de outros **grupos que trabalham na mesma linha de pesquisa**, como explicitado nos trechos abaixo:

*Aplicação desse tipo de método é uma área de grande interesse atualmente, pois facilita o diagnóstico à distância, explica Ana Graci.
(Texto C, grifo nosso)*

Com vistas a reduzir as perdas decorrentes da enfermidade em todo o mundo, especialistas dedicam-se a novas formas de combatê-la. (Texto I, grifo nosso)

Essa visão de produção coletiva do conhecimento é um aspecto que merece ser destacado no TDC, uma vez que contraria a visão popular de ciência como um empreendimento individual, de um gênio isolado, o que pode dificultar a compreensão do papel das ciências no mundo, e ainda desestimular a inserção do aluno no meio científico. Dessa forma, devemos disponibilizar representações sobre a ciência como uma construção social, permitindo ao cidadão agir, tomar decisões e compreender a ciência de uma forma mais crítica (PAIVA; ALBUQUERQUE, 2014).

A última subcategoria inclusa neste grande grupo é **a importância das referências externas** na construção coletiva do conhecimento. A citação do trabalho de outros pesquisadores configura um elo entre os diversos atores de uma comunidade científica. Essa é

uma prática comum dentro da ciência e se apresenta materializada com mais força nos artigos científicos. Segundo Brambilla, Vanz e Stumpf (2006), por meio das citações nos artigos científicos, o pesquisador desenvolve um diálogo entre seu texto e o de outros autores. Tais citações são utilizadas dependendo da motivação/intenção do autor, podendo ser dos seguintes tipos:

citação-recompensa como forma de agradecimento ao seu superior; citação-política para que o artigo seja aceito e/ou para suscitar atitudes semelhantes entre os pares; citação-álibi destinada a dissipar o ceticismo; citação persuasão, no sentido de convencer; e auto-citação, que acontece por razões variadas, como a autopromoção, a indicação de continuidade da pesquisa, entre outros. (BRAMBILLA; VANZ; STUMPF, 2006, p.197)

Latour (2000) ressalta ainda que ao se reportar a “amigos externos”, além de estar ganhando força argumentativa, fortalece seu trabalho, garantindo assim uma comunicação mais segura. Para Latour, o número de amigos externos com que o texto é acompanhado é uma boa indicação de sua força. Ou seja, a aceitação ocorre com maior facilidade entre os pares.

As referências à literatura externa também foram observadas nos textos de divulgação científica, embora essas sejam apresentadas com estrutura e linguagem diferentes daquelas utilizadas nos artigos científicos, mas, em muitos casos, com finalidades similares. Os textos de divulgação analisados apresentaram uma série de referências a outros trabalhos da literatura, evidenciando o processo de construção coletiva do conhecimento, conforme podemos observar nos trechos a seguir:

Os efeitos das novas trilhas abertas sobre a vegetação foram conhecidos a partir de uma técnica já consagrada em experimentos realizados nos Estados Unidos, Europa e Austrália, mas ainda praticamente não utilizada no Brasil, na qual são constituídos sítios experimentais com raias de pisoteio.[...] Os outros resultados verificados pelo grupo de pesquisa na literatura técnica mostram, por exemplo, que o transito de cavalos é extremamente danoso ao equilíbrio ambiental das trilhas (Texto A, grifo nosso)

Esses trechos também demonstram que os pesquisadores buscam em trabalhos já publicados condições mais adequadas (metodologias, técnicas, dados), já validadas, para direcionar seus estudos, dando maior confiabilidade aos resultados. O uso de referências externas alimenta o processo de criação de novos artigos.

Esses exemplos aqui explicitados revelam, portanto, uma das questões mais recorrentes nos estudos de Latour e Woolgar: a construção social da ciência. Os autores revelam as intensas colaborações entre pesquisadores que ocorrem direta ou indiretamente na produção dos fatos; destacam que a atividade científica é governada por um sistema de troca de dádivas, na qual a colaboração de conhecimentos específicos de cada pesquisador é determinante para o sucesso da produção literária. Tais questões também são discutidas por vários pesquisadores que se dedicam a estudar a natureza da ciência, os quais ressaltam a importância de se minimizar a visão de ciência como trabalho individual de um gênio detentor de todo o conhecimento (CACHAPUZ et al, 2011).

Esses resultados indicam que a revista *Minas Faz Ciência* é potencialmente útil para promover discussões sobre a natureza da ciência, contribuindo para uma melhor compreensão do trabalho do cientista.

b) A persuasão na ciência

Persuadir é saber gerenciar relação, é falar à emoção do outro (ABREU, 2005, p.10). Quando convencemos alguém, esse alguém passa a pensar como nós. Sobre uma outra interpretação do uso deste recurso, Latour descreve a persuasão na ciência como uma arte, na qual a organização do texto leva o leitor a seguir a uma única interpretação. Para o autor, essa arte “serve para que os pesquisadores convençam os outros da importância do que fazem, da verdade do que dizem” (LATOURE; WOLGAR, 1997, p.68).

A persuasão na ciência foi outro aspecto bastante observado nas análises dos textos de divulgação científica. Em nossas análises evidenciamos algumas estratégias persuasivas, tais como: o uso do argumento de autoridade, a oscilação entre a audácia e a cautela ao relatar alguns pontos-chaves da pesquisa, e o destaque ao papel dos incritores na construção dos fatos.

Persuadir é difícil, pois é necessário converter um grande número de pessoas de algo distante, contrário às suas crenças. Evidenciamos em nossas análises dos TDC uma forma de persuasão frequente na prática da ciência: **o uso do argumento da autoridade** com a finalidade de fortalecer o trabalho do cientista. Os trechos a seguir destacam a indicação de parcerias com instituições especializadas e reconhecidas dentro da comunidade científica, o que confere à pesquisa relatada poder persuasivo:

Em seguida, o estudo foi desenvolvido em associação com o Instituto de Pesquisa Espaciais (Inpe), processo que conferiu alto grau de expertise do Inpe no campo dos fenômenos atmosféricos [...] Atualmente, Corrêa, encontra-se na França, onde desenvolve pesquisas em parceria com o Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (Latmos), instituto especializado em estudos atmosféricos e astronômicos, incluindo aí as mudanças climáticas e a radiação UV. (Texto I, grifo nosso)

A citação explícita da instituição na qual o pesquisador está inserido ou ainda suas experiências na área também são indicativos de argumento da autoridade. Verificamos o uso dessas estratégias em alguns textos, conforme mostramos nos trechos a seguir:

“Se pensarmos o órgão como um sistema de ‘bombeamento’, ao perder 30%, 40% de sua capacidade, ele gera limitações no organismo, como cansaço, falta de ar, entre outros sintomas”, explica o médico cardiologista Almir Fontes, chefe do Setor de Ecocardiografia do Hospital das Clínicas da UFU. (Texto C, grifo nosso)

A proposta é conduzida pelos professores Eduardo Goulart Collares, diretor de pós-graduação, pesquisa e extensão da Fesp, e Ivan Francklin Junior, coordenador do curso de Engenharia Civil da instituição. (Texto D, grifo nosso)

“Portanto, não há necessidade de saber o tempo de exposição de uma causa para gerar o efeito”, explica Eliane Rodrigues de Faria, nutricionista e doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição do Departamento de Nutrição e Saúde da UFV, que também participou da pesquisa. (Texto L, grifo nosso)

O sentido do uso de argumento de autoridade como recurso persuasivo dentro da ciência é demonstrar aos seus pares a qual grupo ou instituição os autores daquele trabalho fazem parte. Nos TDC, a intenção é similar: apresentar ao leitor onde aquele grupo ou aquele pesquisador está inserido, com o objetivo dar maior credibilidade aos resultados de pesquisa expostos na reportagem.

Segundo Kuhn, "para descobrir como as revoluções científicas ocorrem, temos de examinar não apenas o impacto da natureza e da lógica, mas também as técnicas de argumentação persuasiva que se mostram efetivas no âmbito dos grupos muito especiais que constituem a comunidade dos cientistas" (1998, p. 156).

Ainda como recurso persuasivo, observamos em nossas análises a **utilização da cautela e da audácia** ao relatar alguns pontos-chaves da pesquisa. Conforme Campanário (2004), a cautela com que os pesquisadores apresentam seus resultados e conclusões é uma característica notável, uma reserva sensata. Porém, segundo Latour (2000), "é impossível dizer que a literatura técnica sempre deriva para o lado da cautela; ela também deriva para o lado da audácia; ou melhor, não deriva; zigzagueia por entre obstáculos e avalia os riscos da melhor maneira possível" (LATOURE, 2000, p.93).

Nos recortes elencados abaixo, ilustramos a reserva (cautela) por parte dos pesquisadores ao se referir aos resultados de sua pesquisa.

Ele ressalta que estudos aprofundados, a partir de outros métodos de avaliação, devem ser realizados para conclusão quanto a esse aspecto. (Texto D, grifo nosso)

Nossos achados indicam que, nesses casos, as crises são de origem fundamentalmente não simpático, pontua. (Texto J, grifo nosso)

Ao mesmo tempo, o patamar em que as pesquisas se encontram permite que os pesquisadores sejam audaciosos, ressaltando o sucesso de suas pesquisas, destacando, por exemplo, os aspectos inéditos da pesquisa na área, conforme trechos a seguir.

Porém, a utilização dos fungos radioatenuados nunca havia sido explorada para este propósito. ((Texto G, grifo nosso)

A novidade na pesquisa conduzida na UFMG consiste na escolha de um antígeno que poderia servir para todas as doenças inflamatórias crônicas, além de poder ser ministrado oralmente. (Grifo nosso)

Tanto a cautela quanto a audácia fazem parte da retórica do discurso científico. Mas é importante mencionar também que na base de um bom discurso de persuasão está **o papel dos**

inscritores. Latour e Woolgar consideram a inscrição literária como fonte de persuasão, uma vez que as diversas operações de escrita e de leitura servem de apoio aos argumentos na construção dos fatos. O laboratório é o local de organização da persuasão por meio da inscrição literária, no qual a realidade vai sendo construída. É lá que ocorre a materialização/ reificação – processo de transformação do que resulta do uso de equipamentos no laboratório como conhecimento intelectual – dos enunciados, que serão incorporados aos procedimentos correspondentes à teoria e à prática do laboratório. Nos recortes dos textos analisados evidenciamos o uso dos inscritores como fonte persuasiva, ao demonstrar os resultados dos estudos desenvolvidos.

“Medimos se havia perda ou acúmulo de material ao longo da trilha, além dos índices de compactação do solo”, explica Figueiredo. (Texto A)

No caso do diagnóstico de infarto do miocárdio, trata-se de um anticorpo específico para a tropinina T que, em contato com a amostra de sangue a ser analisada, provoca uma reação capaz de gerar um sinal elétrico indicativo da presença desse biomarcador. (Texto C, grifo nosso)

As medidas antropométricas (registro de partículas físicas dos indivíduos) e de composição corporal – usadas, na pesquisa, como indicadores de localização de gordura central – são medidas simples, de fácil obtenção e de baixo custo. (Texto L, grifo nosso)

Além dos fragmentos textuais, outra forma persuasiva utilizando os inscritores foi a presença de imagens nas quais os pesquisadores estão usando instrumentos para produção de dados, o que mostra ao leitor parte dos procedimentos científicos adotados na pesquisa, conforme evidenciamos a seguir:

*Texto A**Texto C:*

Na interpretação de Monteiro (2011) as inscrições são poderosas, pois permitem a tradução da realidade. Segundo, o autor as inscrições literárias

são particularmente poderosas por que permitem a tradução de realidades empíricas (solos, hormônios, mapas) em termos de inscrições, ou representações das variáveis de interesse ao cientista. Sob a forma de inscrições, esse conhecimento pode circular, abrangendo circuitos muito mais amplos e permitindo assim o estabelecimento de relações mais duradouras e mais poderosas entre atores como governos, cientistas, financiadores e realidades empíricas. (MONTEIRO, 2011, p. 5)

Dessa forma, a leitura da natureza por meio de técnicas, inscritesores (máquinas) pontuam a importância deste artifício como forma de persuasão, de maneira a explicitar a importância das pesquisas, além de torná-la mais confiável para o leitor.

Nos recortes apresentados anteriormente explicitamos algumas características da prática persuasiva na ciência, possivelmente por ser também um recurso linguístico muito

empregado pelo jornalista na elaboração de nos textos de divulgação científica para convencer o leitor sobre a relevância social das pesquisas desenvolvidas pelos cientistas.

A persuasão na ciência foi aspecto mais encontrado nos textos analisados. Assim, consideramos que a abordagem destes e dos que ainda serão abordados, podem contribuir como subsídio para a na construção da consciência crítica sobre as pesquisas e seu processo de produção. Convém destacar que tais questões relativas ao fazer ciências evidenciadas nesses fragmentos referentes aos textos analisados, sobretudo os aspectos persuasivos como forma de construção dos fatos dentro da comunidade científica, são temas raramente abordados no contexto da educação científica. Dessa forma, consideramos relevante o uso da revista *Minas Faz Ciência* na abordagem destes aspectos, visando uma melhor compreensão da construção do conhecimento científico pelos educandos.

c) Influência dos fatores externos na construção dos fatos

A engrenagem do fazer ciência não pára por aqui. Por meio do intercâmbio e a aceitação entre os pares, bem como o uso de recursos de persuasão, o pesquisador passa a ter crédito em seu meio, atraindo investidores externos interessados em seu produto. Assim, uma característica da sociologia da ciência que emergiu em nossas análises dos TDC é **influência dos fatores externos na construção dos fatos**, evidenciada por meio dos seguintes aspectos: relevância social da pesquisa, geração de patentes, investimento do setor privado, influência do mercado consumidor no desenvolvimento das pesquisas.

Latour considera o trabalho dos cientistas como uma construção social, pois é influenciada por aspectos externos ao laboratório. Em suas considerações a respeito das compreensões e práticas científicas, a rede de pesquisadores é influenciada pelos condicionantes sociais, culturais e econômicos. Nas análises realizadas nos textos da revista *Minas Faz Ciência* percebemos a impregnação da **relevância social da pesquisa** no processo de produção do conhecimento científico, conforme os trechos abaixo:

A relevância social do tema motiva estudos em centros de pesquisa de todo planeta e levou uma equipe da UFU a desenvolver uma técnica, baseada em biossensores, mais rápida e precisa para diagnóstico da enfermidade. [...] Além de diminuir o tempo do exame, o objetivo é proporcionar menor custo e mais facilidade de utilização da técnica,

característica que são de grande interesse tanto para o paciente, quanto para o Sistema de Saúde. (Texto C, grifo nosso)

Com o aprofundamento dos estudos e o apoio de instituições que contribuem para a movimentação econômica regional, a comercialização do mineral pode tornar-se economicamente viável e, com isso, contribuir para solucionar problemas sociais, econômicos e ambientais que atingem o setor minerário do Sudeste de Minas Gerais, em especial no que se refere aos quartzitos. [...] Para que essas mudanças se concretizem, Collares defende a necessidade de mobilização social e política, além do acesso dos mineradores a oportunidades de realizar estudos específicos de seus materiais. (Texto D, grifo nosso)

“Levaremos a terapêutica de precisão ao dia a dia do pecuarista, de modo a otimizar o uso dos antibióticos, sem mudar sua rotina”, sintetiza Brandão. [...] Tendo em vista que um dos grandes problemas ambientais, na atualidade, refere-se ao consumo desenfreado da população e à consequente geração de resíduos, tal mudança culmina com a utilização dos recursos ambientais de forma sustentada, levando-se a consumo consciente. (Texto I, grifo nosso)

Tais argumentos presentes nos TDC denotam a importância das pesquisas para a sociedade, seja na melhoria da qualidade de vida/saúde, ou mesmo no próprio meio que vivemos, como a economia regional. Esses aspectos nos evidenciam essa delicada rede de interesses nas quais a ciência está inserida. Por exemplo, algumas pesquisas são mais fortemente apoiadas por agências públicas ou privadas de financiamento de acordo com as demandas sociais às quais elas atendem. Esse fato, nos mostra ainda que o trabalho do cientista é altamente influenciado por fatores sociais, o que contraria a ingênua imagem de uma ciência neutra e descontextualizada.

Vale ressaltar que a indicação nos TDC da relevância social da pesquisa, além de demonstrar a influência dos fatores externos na construção do conhecimento, também é uma maneira de fortalecer o trabalho do pesquisador, isto é, configura-se ainda em um recurso de persuasão.

Schwartzman (2009) acrescenta ainda que

Quando existe uma interação bem estabelecida entre as instituições de pesquisa e o setor público, verificam-se importantes benefícios para ambos. Com apoio científico e tecnológico mais consistente, as políticas públicas podem se tornar mais eficientes e eficazes; com uma vinculação mais próxima a atividades de interesse público, o setor de pesquisa se fortalece, obtendo mais reconhecimento, legitimidade e recursos, atraindo mais talentos e competência. (SCHWARTZMAN, 2009, p.363)

Cabe também destacar, que pelo fato da pesquisa ser de interesse da sociedade e do governo e tendo ainda as possibilidades mercadológicas (mercado consumidor), **a geração de patente** é uma maneira do pesquisador proteger os resultados de suas pesquisas. Dessa forma, a inovação tecnológica desenvolvida pela equipe de pesquisadores pode ser, por exemplo, produzida em larga escala, sem o perigo do desvio de reconhecimento pelo trabalho.

Conforme Macedo e Barbosa (2000), “a patente é a proteção das inovações que restringe seu uso livre para pesquisa e desenvolvimento, proibido para a produção industrial sem a autorização de seu titular” (p.27). Reconhecemos nos textos, em nossas análises, a importância da patente no trabalho da ciência, representados nos fragmentos seguintes:

“Enquanto isso, o grupo aguarda o andamento do processo de patenteamento, já iniciado, de sua ótima invenção”, conclui o professor Euzébio de Souza. (Texto B)

O projeto para desenvolvimento do imunossupressor para marcador cardíaco estão em andamento, sob patente, visando à produção independente dos eletrodos impressos funcionalizados com polímeros. (Texto C)

O processo foi patenteado, além de ter gerado trabalhos acadêmicos. (Texto K)

A importância das patentes também foi objeto de estudo dos autores Garnica, Oliveira e Torkomian (2006), as quais evidenciam que as universidades públicas brasileiras são reconhecidas como geradoras de conhecimento científico e de tecnologia. Sobre as tecnologias passíveis de aplicação em larga escala, as universidades registram seus produtos (propriedade

intelectual) no intuito de proteger o conhecimento nela gerado, viabilizando apenas para os interessados em comercializá-lo.

Conforme estamos evidenciando nesta dissertação, por meio de nossas análises, a sociedade tem um papel importante para a ciência, em uma forma recíproca de desenvolvimento tecnológico e cultural. O cientista gera conhecimento que irá promover o desenvolvimento econômico e social, mas ao mesmo tempo é influenciado pela escolhas e necessidades da sociedade.

Outro aspecto que nos revela a influência dos fatores externos no desenvolvimento das pesquisas é a indicação, nos TDC, dos **investidores do setor privado** nos trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores. A importância das indústrias para a finalização das pesquisas vai além da produção em larga escala, colocando o produto disponível ao consumidor. Os investimentos oriundos do setor privado podem promover um aumento de recursos para a realização das próprias pesquisas, bem como a melhoria da tecnologia envolvida no produto final, o que irá acarretar em maior credibilidade ao pesquisador:

O estudo, que rendeu uma patente ao grupo, foi desenvolvido até a fase de testes com camundongos – a produção de uma vacina para uso humano também depende de parceria com a empresa interessada em investir no projeto. [...] Segundo o coordenador, o Núcleo de Inovação Tecnologia (NIT) da instituição cuida dessa parte, buscando a transferência da tecnologia para a indústria. (Texto G, grifo nosso)

“Estamos em contato com potenciais parceiros na Faculdade de Medicina e temos até indústria interessada, adianta”. (Texto H, grifo nosso)

Percebemos também nas análises dos TDC que o trabalho do cientista pode ter o foco no consumidor, gerando novos produtos disponíveis à população. A influência do **mercado consumidor** no desenvolvimento das pesquisas foi um aspecto observado nos seguintes trechos:

O comprador não tem interesse de consumir, em larga escala, um produto comercializado apenas em um sabor. [...] Já que se trata de artigo diretamente ligado à área de esportes, pensamos em aplicar corantes plenamente naturais, [...].”. (Texto F, grifo nosso)

“Já fui indagado por vários técnicos sobre quando o produto estará disponível para uso nas fazendas leiteiras”, comenta o pesquisador. [...] A forma de aplicação intramamária foi escolhida, justamente, por ser mais eficaz e já usual entre os produtores rurais. (Texto I, grifo nosso)

Essa rede de interesses entre as pesquisas realizadas no laboratório e os fatores externos a ele é algo bastante recorrente na prática da ciência, indicando, conforme Latour (2000), que vários atores participam do processo de construção dos fatos. Esses interesses também são habilmente utilizados pelos cientistas como forma de conseguir aliados para sua pesquisa. Latour destaca que uma forma segura de conseguir aliados é oferecendo-lhes algo que seja do seu interesse, isto é, destacando os benefícios daquela pesquisa.

d) A dinâmica de trabalho do pesquisador

A essência da obra de Bruno Latour e Steve Woolgar (1997), em *A vida de Laboratório*, é uma descrição da ciência "tal como ela acontece". Para compreender este mecanismo os autores sugerem "*vá ao laboratório e veja*" como se da produção dos fatos. Seus estudos perpassam pelo processo de desenvolvimento da produção científica e tecnológica, destacando os afazeres dos cientistas dentro e fora do laboratório, suas as relações com a comunidade ao seu redor e o jogo de interesses políticos e mercadológicos.

Nas análises dos TDC da revista *Minas Faz Ciência* identificamos alguns aspectos relativos à dinâmica do trabalho do pesquisador: visão empresarial; trabalho burocrático; gerenciamento de recursos humanos.

Latour e Woolgar (1997) comparam o trabalho na ciência como uma empresa. Para os autores, as relações entre cientistas seriam mais semelhantes às que ocorrem entre pequenas empresas que medem seu sucesso pelo crescimento das suas operações e a intensidade na circulação de seu capital. Análises de custo-benefício são aplicadas às várias dimensões da atividade científica. Nos trechos a seguir evidenciamos o trabalho do **cientista com visão empresarial**, cujas preocupações com o desenvolvimento e aplicação de seu produto direcionam suas pesquisas:

Afinal, trata-se de produto que pode emplacar, já que não há nada parecido no mercado. (Texto B)

“No que diz respeito ao aspecto econômico, o mercado passaria a oferecer um novo tipo rochoso para uso na construção civil, com custo mais baixo, uma vez que não demandaria os encargos necessários para abertura de uma nova jazida”, antevê Franklin Júnior, para quem o novo foco poderia, até mesmo, revigorar as minerações, gerando novos postos de emprego e restando outros. (Texto D)

A aplicação mercadológica do produto, entretanto, deu razão a uma nova linha de pesquisa. (Texto F, grifo nosso)

Como todo empreendimento, a pesquisa também é pautada em normas, regulamentos, procedimentos padrões aos quais os cientistas precisam se adequar. Em nossas análises encontramos, mesmo que sutilmente, duas questões que entendemos como exemplo o **trabalho do cientista com questões burocráticas**:

Dentre todos os trâmites necessários, a exemplo do registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brandão prevê um prazo de cerca de três anos até a comercialização. (Texto I, grifo nosso)

“Agora, esperamos o parecer da comissão de ética para iniciarmos os testes – também in vitro – com outras variedades”, conclui. (Texto K, grifo nosso)

Essa parte relativa ao gerenciamento de questões burocráticas na ciência nos mostra que o trabalho do cientista não se limita ao laboratório. Ao contrário: são esses trabalhos externos ao laboratório que, em muitos casos, possibilitam que a pesquisa aconteça.

Ainda sobre esse aspecto, encontramos o documento produzido pela Academia Brasileira de Ciências, que sugere uma simplificação nos trâmites burocráticos da atividade científica. Esse documento ressalta que

é de importância estratégica para o Brasil a criação de legislação consistente, específica e unificada para a área de CT&I que simplifique, destrave a burocracia que emperra a CT&I no País, e torne as atividades de pesquisa mais fáceis, simples e ágeis; as atividades de fomento das agências mais eficientes e eficazes; e as atividades dos órgãos de controle mais focadas nos resultados (e não nos processos). (Academia Brasileira de Ciências, 2014, p.9)

O trabalho do cientista envolve também o gerenciamento de recursos financeiros, formação de recursos humanos (orientações de alunos, gerenciamento dos técnicos do laboratório, etc), negociação com parcerias públicas e privadas, produção e publicação de artigos e tantos outros aspectos muito distintos da popular imagem que se tem do cientista em sua bancada de laboratório (CACHAPUZ et al, 2011).

Uma dessas características que nós evidenciamos em nosso *corpus* de análise é o **gerenciamento de recursos humanos**. Esses aspectos podem ser observados em diversas práticas do cotidiano do cientista: o fato de trabalhar com estudantes, técnicos, colaboradores de pesquisa; de encorajá-los; de passar muito tempo no telefone para discutir com os fornecedores ou representantes dos órgãos de financiamento etc. (LAW, 1988).

Os TDC analisados destacam, em muitos casos, os alunos de pós-graduação e de iniciação científica envolvidos nas pesquisas relatadas, o que indica o trabalho do pesquisador com o processo de orientação acadêmica e científica desses alunos. Esses aspectos estão representados nos trechos a seguir:

Além de Antero Andrade, o grupo possui dois estudantes de mestrado e um de doutorado. (Texto G)

Também estão envolvidos alunos de mestrado e de doutorado, responsáveis por testar diferentes modelos. (Texto H)

Na UFOP, os trabalhos são conduzidos pela professora Vanessa Mosqueira e pelas estudantes Raquel Araújo e Raquel Castanheira, da Escola de Farmácia. (Texto I)

O perfil de cientista que estamos apresentando nesta dissertação, por meio da análise dos TDC, é de um trabalhador assalariado, fazendo parte de uma rede complexa de interesses em busca de credibilidade tal como demonstrado por LATOUR & WOOLGAR (1997). “Como em qualquer atividade profissional e social (é obvio que se tratando de ciência não seria

diferente) existem figuras excêntricas, com humor particular, organizados ou desorganizados, preocupados com aspectos estéticos ou não, altruístas ou egoístas.” (JÚNIOR, et al, 2015, p. 81)

Compreendemos que, com as análises dos TDC da revista *Minas Faz Ciência* até aqui, é possível demonstrar aos educandos como se constrói a ciência, ou seja, evidenciar o cotidiano de trabalho científico desde a concepção até a difusão, de forma que possam compreender o que é um empreendimento científico. Nesse ponto, reafirmamos o potencial da revista como recurso didático para trabalhar em sala de aula os aspectos da construção da ciência.

e) **Ciclo de credibilidade do pesquisador**

A última categoria de nossas análises que emergiram dos textos é relativa ao ciclo de credibilidade do pesquisador, na qual verificamos aspectos como: a importância das publicações; importância do currículo; obtenção de financiamento.

Para Latour e Woolgar (1997), a credibilidade e reconhecimento são fatores que movem a pesquisa científica. Segundo os autores

[...] seria nocivo considerar que a obtenção de um reconhecimento constitui o objetivo último da atividade científica. Na verdade, esta seria apenas uma pequena parte de um grande ciclo de investimento em credibilidade. O caráter essencial desse ciclo é o ganho de credibilidade que permite o reinvestimento - e um ganho posterior de credibilidade. Por conseguinte, não há outro objetivo último do investimento científico além do desdobramento contínuo de recursos acumulados (LATOURE; WOOLGAR, 1997, p. 219-220).

Essa habilidade do cientista para fazer ciência, segundo os autores, é a principal motivação para a atividade científica. De tal maneira, reconhecimento e credibilidade caminhariam juntos. Uma dessas engrenagens que compõe o Ciclo de Credibilidade é a **importância das publicações**, pois além de divulgar seus resultados de pesquisa é uma forma de se obter destaque entre os pares. Os TDC analisados, ainda que sutilmente, deixam evidenciar a relevância das publicações dentro da comunidade científica, conforme podemos observar nos trechos a seguir:

Até o momento foram produzidas duas teses de doutorado, cinco dissertações de mestrado e um projeto de iniciação científica, voltados para a criação de novas plataformas para a concepção de genossensores (diagnóstico de hepatite e de câncer de próstata), um

biossensor enzimático para detecção de lesão do tecido hepático e dois imunossupressores (diagnóstico da leishmaniose e infarto agudo do miocárdio). (Texto C)

Os mais recentes artigos da equipe mostram que as associações da vacina com as drogas antifúngicas provocam recuperação mais rápida do que as drogas ou a vacina isoladamente. (Texto G)

O pesquisador destaca, ainda, a publicação em 2008, do modelo matemático desenvolvido na revista “Epilepsia”, editada pela International League Against Epilepsy. (Texto J)

Segundo Latour e Woolgar, as publicações “simbolizam o reconhecimento, pelos pares, de uma obra científica” (LATOURE; WOOLGAR, 1997, p. 220). Assim, quanto mais publicações e em revistas reconhecidas na área, maior a credibilidade do pesquisador, o que poderá auxiliar na obtenção de novos recursos para sua pesquisa, impulsionando seu ciclo de credibilidade. Para Law (1989), “os textos que saem do laboratório representam, é certo, uma parte importante do trabalho dos pesquisadores, porém não constituem mais que uma fração de sua atividade de construção de redes” (p.28).

Cabe ainda destacar que, a citação explícita, nos TDC, das publicações do pesquisador, além de revelar uma prática comum dentro da ciência, pode também ser um recurso utilizado pelo jornalista para dar mais confiabilidade aos estudos desenvolvidos pelo pesquisador entrevistado.

Mas para que o ciclo de credibilidade se mantenha ativo, o pesquisador necessita de mais engrenagens. Uma delas é a obtenção **financiamento da pesquisa** pelas agências de fomento. A continuidade da pesquisa, o reforço das alianças, sobrevivência do laboratório com os inscutores adequados e modernos e o aumento da credibilidade entre os pares dependem dos recursos advindos dos financiadores. (LATOURE, 2000). Essa característica do fazer ciência está evidenciada em quase todos os textos analisados. A seguir apresentamos alguns exemplos:

Com o apoio da FAPEMIG e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), foi possível também o depósito de duas patentes: “Metodologia para construção e utilização de genossensor eletroquímico par diagnóstico da hepatite B”

e Dispositivo óptico para detecção de marcador específico de lesão cardíaca”. (Texto C, grifo nosso)

“Nesse período, com aporte financeiro, da FAPEMIG, as pesquisas puderam prosseguir”. (Texto E, grifo nosso)

“Intitulado ‘Administrador oral de probiótico como alternativa terapêutica imunomoduladora para a esclerose múltipla experimental’, o projeto conta com apoio da FAPEMIG.” (Texto H, grifo nosso)

Outra forma que encontramos de exemplificar o apoio das agências de fomento foi no *box*, localizado no final de cada TDC, no qual se descreve o título do projeto, o nome do coordenador, o nome do edital de financiamento (modalidade) e o valor destinado à pesquisa. Essas informações aparecem na grande maioria dos textos da revista *Minas Faz Ciência*, talvez como exigência da própria agência de fomento, conforme observado em uma análise similar da autora Oliveira (2013). Os exemplos a seguir ilustram essa questão:

Modalidade: Demanda Universal, valor: R\$16.568,00 O (Texto A)

Modalidade: Programa Pesquisador Mineiro - PPMIII, valor: R\$48.000,00 (Texto C)

Portanto, os textos de divulgação da revista *Minas Faz Ciência* possibilitam identificar claramente os recursos concedidos pelas agências de fomento à pesquisa para que o trabalho ocorra na ciência. Essa informação, explícita no TDC, é útil no sentido de evidenciar o quanto a produção do conhecimento científico é dependente de questões financeiras e, portanto, o quanto tal aspecto contribui para a manter a credibilidade do pesquisador no seu meio acadêmico.

Atrelada as publicações e aos projetos apoiados pelos órgãos financiadores, uma outra engrenagem desse ciclo é **a importância do currículo do pesquisador** para a obtenção de crédito e conseqüente aumento de credibilidade e manutenção e continuidade das pesquisas. O currículo do pesquisador é essencial para o desenvolvimento de suas pesquisas, pois este irá dizer aos investidores a experiência do cientista e sua capacidade de produzir fatos e transformá-

los em produtos (para a ciência ou para a sociedade). Abaixo, salientamos alguns trechos dos TDC analisados que evidenciam a importância do currículo do pesquisador:

Os primeiros testes foram realizados em 2008, quando Edmar Fontes lecionava o Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Pomba. (Texto F, grifo nosso)

Texto G: O pesquisador Antero Andrade atua em uma linha de pesquisa do CDTN que investiga as aplicações da radiação na área da saúde. (grifo nosso)

Texto I: Tais estudos tiveram início há cerca de cinco anos, quando o médico-veterinário Humberto de Mello Brandão ingressou na Embrapa Gado de Leite com a função de aprofundar investigações na área de nanotecnologia. (grifo nosso)

Entendemos assim, com todos os aspectos discutidos, que a ciência se desenvolve a partir de um conjunto de engrenagens que compõem o ciclo de credibilidade, que gira em função do retorno de capital, análogo ao mercado de investimento. Segundo Latour e Woolgar,

o sucesso de cada investimento é avaliado em função da rapidez com a qual ele favorece a conversão de credibilidade e a progressão do pesquisador no ciclo. O sinal de um investimento bem-sucedido para um pesquisador pode ser, por exemplo, o número de telefonemas recebidos, a aceitação de seus artigos, o interesse que os outros demonstram pelo seu trabalho, o fato de que ele seja mais facilmente acreditado ou ouvido com maior atenção, que lhe proponham melhores ocupações, que seus testes deem resultado, que seus dados se acumulem de maneira mais confiável e formem um conjunto mais digno de crédito. O objetivo da atividade de mercado é estender e acelerar o ciclo da credibilidade tornado como um todo (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p. 233).

Os dados (as inscrições literárias), argumentos (referências externas e persuasão), todas as alianças (coletivo) e consequente publicação de artigos geram reconhecimento e dinheiro para a continuidade das pesquisas, conforme discutimos anteriormente. Assim, o cientista utiliza todos os recursos disponíveis, com o objetivo de ser bem-sucedido (aceito entre os pares) e reconhecido pelas suas pesquisas.

Portanto, as análises destes TDC tornaram possível verificar, de forma articulada, que os recursos, as publicações, as parcerias, as patentes e vários outros elementos aqui discutidos,

impulsionam o ciclo de credibilidade de um pesquisador. Ou seja, quanto mais recursos, mais o pesquisador poderá publicar e produzir novos trabalhos; com isso, terá mais prestígio, conseguirá obter mais parcerias e novos recursos para sua pesquisa. Law ressalta ainda que

a corrida dos créditos ilustra bem esta situação. Propostas são apresentadas, examinadas atentamente e revisadas para torná-las as mais convincentes possíveis. Curriculum Vitae são enviados a fim de persuadir os provedores de fundos que o laboratório dispõe da perícia necessária. Cópias de relatórios anteriores são examinadas para ver até que ponto as promessas feitas no passado foram cumpridas. Artigos que relatam trabalhos coroados de êxito são enviados, a fim de demonstrar que o trabalho em questão era suficientemente bom para ser publicado. As negociações com tais organismos são de uma complexidade característica. Mas se os argumentos forem bem construídos, então os financiadores e as revistas acabam por se integrar à rede do laboratório. Eles oferecem meios - crédito ou publicação - em troca de textos transmitidos. (LAW, 1989, p. 29)

Muitas dessas questões relativas à prática da ciência costumam estar distante do currículo escolar. Nesse sentido, discussões em ambiente escolar que contemplem tais aspectos são importantes, pois contribuem para a construção de uma visão mais próxima do trabalho do pesquisador, minimizando ou reduzindo as visões distorcidas sobre ciência, as quais podem ser obstáculo no processo de alfabetização científica da população, além que provavelmente impactar também no processo e ensino aprendizagem de conceitos científicos.

Segundo Borges,

é possível inserir-se novas concepções de ciências, mostrando que a mesma é construída por homens e, sendo assim, é algo dinâmico, mutável e que se encontra presente em seu cotidiano. É muito importante defender a concepção de ciência como uma construção humana e não torná-la “a verdadeira”, “a definitiva” ou “a acabada”. (BORGES, et al, 2010, p.02)

Outros estudos na literatura também têm sido dedicados a fomentar discussões sobre o fazer ciência. No trabalho de Pedrini (1999) sobre popularização científica, realizado na cidade do Rio de Janeiro, foi realizado um ciclo de palestras sobre o Trabalho do Cientista – tendo como um dos referenciais a obra *A vida de laboratório* (LATOURET; WOOLGAR, 1997) – nas quais foram apresentadas a sequência do trabalho laboratorial permitindo uma compreensão à construção social do fato científico. Por meio de um questionário aplicado após as palestras, o autor verificou que das pessoas entrevistadas, 65% passaram a ter uma compreensão do cotidiano de trabalho.

Dessa forma, com base nos resultados de nossas análises, acreditamos que os TDC da revista *Minas Faz Ciência* podem se constituir em um instrumento pedagógico que contemple discussões sobre a produção da ciência, contribuindo para a alfabetização científica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos nosso trabalho, buscando conhecer a produção acadêmica nacional sobre as pesquisas que abordam a seleção caracterização e análise de TDC. Verificamos nas análises sobre as revistas de DC analisadas nos trabalhos uma frequência maior de estudos da revista *Superinteressante*, considerada um veículo de comunicação de massa. Sobre os principais aspectos dos TDC analisados nas pesquisas, verificamos uma série de trabalhos que se pautaram nos estudos sobre os discursos dos TDC e suas influências no ensino, uso de analogias e metáforas, erros conceituais, etc. Alguns poucos trabalhos trazem como foco de suas pesquisas a Natureza da Ciência em TDC. Uma última análise feita nos trabalhos foi referente às contribuições e/ou restrições apontadas pelos pesquisadores quanto ao uso de TDC em sala de aula, as quais apontam que a utilização de tais recursos pode contribuir para o aprendizado do aluno, pois permite a visualização de conceitos, fenômenos e elementos não familiares ao leitor, promovendo desta forma, uma educação voltada para o exercício da cidadania.

Neste trabalho, lançamos o olhar sobre uma revista pouco explorada nas pesquisas da área de educação em ciências e, possivelmente, pouco conhecida pelos professores: a *Minas Faz Ciência*. Um dos estudos encontrados na literatura sobre essa revista é o trabalho de Ocáriz (2013), uma pesquisa no campo do jornalismo, que teve como objetivo analisar as cartas do leitor. Segundo a autora, essa revista é um bom modelo para divulgação da ciência, uma vez que ela é feita por jornalistas, que entrevistam pesquisadores e escrevem a matéria de forma que mais pessoas consigam entender o conteúdo exposto, não apenas pessoas da área. Além disso, contém poucos erros e são bem escritas. “Falta mesmo uma divulgação dessas revistas, porque elas têm um bom conteúdo” (p.104). Tais colocações sugerem a importância de estudos, como este aqui apresentado, que a tomem como objeto de estudo, buscando explorar suas potencialidades no campo da educação em ciências.

Para a compreensão da prática científica nos textos de divulgação científica da referida revista, levamos em consideração um conjunto de fatores como o lugar de trabalho, o perfil dos pesquisadores, os outros atores, materiais de pesquisa, inscitores, organização do trabalho – a rede de atores, as formas de financiamento público ou privado, que nos permitem evidenciar os aspectos da representação natural e social da ciência, ou ainda compreender o papel do conhecimento científico na sociedade, de acordo com os apontamentos mais marcantes das obras de nosso referencial.

Nos textos analisados evidenciamos algumas das características da prática da ciência, tais como: a colaboração entre instituições, sejam elas públicas ou privadas; a importância das

alianças com outros pesquisadores, articulando conhecimentos e técnicas, bem como fortalecendo a rede de produção dos fatos científicos; o uso da persuasão por meio de autoridades e destaque aos interesses na pesquisa; a preocupação com a obtenção e gerenciamento de recursos materiais e humanos para o desenvolvimento da pesquisa; os contínuos investimentos em um ciclo de credibilidade; a valorização de publicações de artigos, dissertações e teses, as quais, além de aumentarem o prestígio do pesquisador, fortalecendo seu currículo, fornecem-lhe um acúmulo de crédito que poderá ser investido nas oportunidades futuras, dentre muitos outros aspectos que constituem o fazer ciência e o cotidiano do cientista.

Esses resultados nos levam a apontar para as potencialidades didáticas do texto dessa revista, no sentido de que as informações nela presentes possibilitam demonstrar como é o cotidiano do cientista, favorecendo aos estudantes uma leitura mais abrangente sobre a ciência e seu modo de funcionamento.

É importante ressaltar que tais aspectos nem sempre estão explícitos no texto, uma vez que a intencionalidade principal dos TDC não é elencar ou ainda evidenciar os aspectos da sociologia da ciência, mas sim veicular informações científicas com uma linguagem própria para o seu público-alvo. Por essa razão, para que tais textos possam ser usados como recurso para abordagem da prática da ciência, é extremamente importante o papel do professor, como mediador das leituras e discussões sobre os conteúdos implícitos e explícitos presentes nos TDC, norteando o olhar para as questões sobre ciência presentes nos textos da revista *Minas Faz Ciência*.

Esse tipo de olhar sobre os textos de divulgação científica, buscando explorar uma variedade de aspectos do cotidiano de um pesquisador na construção dos fatos, nos possibilita pensar em novas possibilidades de uso desses textos de divulgação científica na educação em ciências. Além disso, conforme ressaltado por Justi (2013), os estudos da filosofia ou epistemologia da ciência não colocam em destaque todos os múltiplos aspectos da prática da ciência. Em suas análises, a autora comenta que os trabalhos mais recentes da área ainda não consideram de forma expressiva as contribuições da sociologia, economia, antropologia, entre outras, deixando em aberto para os pesquisadores tal campo. Portanto, a escolha por um referencial teórico oriundo do campo da sociologia da ciência possibilita trazer novas contribuições aos estudos dentro desta temática.

Cabe ainda ressaltar que a obra de Latour explora a sociologia da ciência, porém não abarca considerações sobre outras questões relativa à natureza da ciência, como sua epistemologia, por exemplo.

Os resultados deste estudo realizado com os textos da revista *Minas Faz Ciência* foram utilizados para elaboração de parte de um material educativo denominado “Nos bastidores da ciência: conhecendo o trabalho do cientista” (OLIVEIRA; GONTIJO, 2015), o qual pode ser visualizado integralmente no link <http://www.letraria.net/site/nos-bastidores-da-ciencia-conhecendo-o-trabalho-do-cientista/>.

Nesse material buscamos dar destaque a alguns aspectos da prática da ciência como aqueles citados acima – muitos deles particularmente menos conhecidos do grande público.² Em cada capítulo, descrevemos uma das pesquisas relatadas nos textos de divulgação científica, buscando, por meio dela, evidenciar nem tanto a pesquisa em si, mas sobretudo os elementos da prática da ciência nela presentes.

Esse material foi pensando para uso como recurso educativo para alunos dos anos finais do ensino fundamental ou alunos do ensino médio, embora a linguagem e forma de abordagem que procuramos dar ao texto o possibilitem ser usufruído por diferentes públicos, não somente a escolar, e de várias idades. Ainda que seu uso seja no contexto escolar, acreditamos que ele possa ser usado em várias disciplinas, não se limitando apenas àquelas ligadas às ciências da natureza.

² O desenvolvimento deste material educativo receberam apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio do Edital 90/2013, de Difusão e Popularização da Ciência.

7. REFERÊNCIAS

- ABREU, A. S. **A arte de argumentar: gerenciando razão e emoção**. Ateliê Editorial, 8ª edição, Cotia, SP, 2005, 144f.
- ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS Por uma Política de Estado para Ciência, Tecnologia e Inovação, 2014 Disponível em: < <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5793.pdf> >. Acessado em 24/11/2015
- ALBUQUERQUE, V. N.; MARCHI, F.; LEITE, C. Uma análise das potencialidades de textos de divulgação científica sobre o caso Plutão no ensino de Física. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8. 2011, CAMPINAS. **Atas...** São Paulo, 2011.
- AIRES, J. A.; BOER, N.; BRANDT, C. F.; FERRARI, N.; GOMES, M. G.; OLIVEIRA, V. L. B.; PAZ, A. M.; PINHEIRO, N. A. M.; SCHEID, N. M. J. Divulgação científica na sala de aula: um estudo sobre a contribuição da revista Ciência Hoje das Crianças. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4. **Atas...** Bauru, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6023: Informação e documentação – Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro - RJ. ABNT, Agosto, 2002. 24p.
- BAPTISTA, R. F. Constituição e reconfiguração da sociologia da ciência: as abordagens de Merton, Bloor e Latour. In: Congresso Brasileiro de Sociologia. **IVX Anais Eletrônicos do XIV Congresso Brasileiro de Sociologia**, 2009, Rio de Janeiro.
- BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **PERCEPÇÃO PÚBLICA DA C&T NO BRASIL 2015**, Disponível em: <<http://percepcaocti.cgee.org.br/>>. Acessado em 14/07/2015.
- BRAMBILLA, S. D. S.; VANZ, S. A. S.; STUMPF, I. R. C. Mapeamento de um artigo produzido na UFRGS: razões das citações recebidas. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, nº especial VI ENANCIB, 1º sem. 2006, p. 195-208. ISSN 1518-2924
- BORGES, A. P. A., BORGES, C. O., SILVA, M., SANTOS, D. G., SANTOS, R. S., NASCIMENTO, V. R., NUNES, S. M. T. Visões de Ciência e Cientista utilizando representações artísticas-entrevistas e questionários para sondar as concepções entre alunos da primeira série do Ensino Médio. XV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2010. Brasília DF.
- BUENO, W. C. A formação do jornalista científico deve incorporar uma perspectiva crítica. **Diálogos & Ciência**, ano 10, n. 29 p. 1-14, Mar. 2012.
- CACHAPUZ, A. GIL-PEREZ, D., CARVALHO, A. M. P., PRAIA, J., VILCHES, V. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3ª edição, Editora Cortez, 2011. 264f.
- CALDAS, G.; SOUZA, C.M.; ALBERGUINI A.; DINIZ A. O desafio da formação em Jornalismo Científico. In: Congresso Anual dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação, 15, 2006, **Anais XV COMPOS**. Niterói: Faculdade Federal Fluminense, 2006.
- CARVALHO, M.T.S.; GONZAGA, A.M. **A Divulgação Científica na formação de professores**. 1.ed. Curitiba: Editora Appris, 2013. 167p.
- CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. et al. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis, Vozes, 2008.

CORDEIRO, C. L. O.; VALENTE, M. E. A. Percepção dos cientistas sobre a divulgação da ciência no Brasil. In: Simposio sobre Comunicación de la Ciencia y la Tecnología en América Latina, 2013, Chile, p. 56 - 69.

DIAS, R. H. A.; DE ALMEIDA, M. J. PM. Possibilidades de funcionamento escolar do texto de jornalismo científico. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8. 2011, CAMPINAS. **Atas...** São Paulo, 2011.

FAGUNDES, V. O. Políticas públicas em divulgação científica - o papel das Fundações de Amparo à Pesquisa e o caso da Fapemig. In: Simposio sobre Comunicación de la Ciencia y la Tecnología en América Latina, 2013, Chile, p.263 -271

FAPEMIG Pesquisa inédita no Estado mostra a percepção do mineiro sobre Ciência e Tecnologia Disponível em < <http://www.fapemig.br/pesquisa-inedita-no-estado-mostra-a-percepcao-do-mineiro-sobre-ciencia-e-tecnologia/>> Acesso em: 26/ julho/2015

FAPEMIG, InCiTe; Os mineiros e a ciência. Em <<https://drive.google.com/file/d/0B5436FN8JiLdTkNDTkZnTldiUHM/view>>. Acesso em 27/agosto/2015.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; ANDRADE, R.; SILVA MESQUITA, N. A. Visões de cientistas e atividade científica na obra Ponto de Impacto de Dan Brown: possibilidades de inserção de elementos de História e Filosofia das Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 76-98, 2015.

FERREIRA, L. N. A. **Textos de divulgação científica para o ensino de química: características e possibilidades**. 2012, 290f.. Tese de Doutorado. (Doutorado em Ciências), Universidade Federal de São Carlos, SP, 2012.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica no ensino de ciências: uma revisão. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 3-31, 2012.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Artigos da Revista Ciência Hoje como recurso didático no ensino de química. **Química Nova**, v.34, n.2, 354-360, 2011b.

GARNICA, L. A.; OLIVEIRA, R. M.; TORKOMIAN, A. L. V. Propriedade intelectual e titularidade de patentes universitárias: um estudo piloto na Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 24, **Anais...** Gramado: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 2006.

GARRÉ, B.H.; HENNING, P.C. A Revista Veja Sob Análise: Problematizações Aos Discursos De Educação Ambiental Na Mídia Impressa. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8. 2011, Campinas. **Atas...** São Paulo, 2011.

GODOY, A. S. A pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, SP, v. 35, n.3, p, 20-29 Mai./Jun. 1995

GOLDBACH, T.; EL-HANI, C.; MARTINS, R. C. Ideias sobre genes em revistas de divulgação científica e em glossários virtuais. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5.**Atas...** Bauru, 2005.

GOLDBACH, T.; EL-HANI, C. N. Entre receitas, programas e códigos: metáforas e ideias sobre Genes na divulgação científica e no contexto escolar. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 153-189, 2008.

GOMES, G. F. A Ciência Guiada por Fatores Sociais: a abordagem de Boris Hessen e sua contribuição para a Sociologia da Ciência. In: HAYASHI, M. C. P. I. et al (orgs). **Sociologia**

da Ciência: contribuições ao campo CTS. Editora: Alínea, Campinas, SP, 2014, p. 311, cap. 2.

GOMES, L. C.; FUSINATO, P. A.; M. C. D. NEVES. Análise da relação entre força e movimento em uma revista de divulgação científica. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 341-353, 2010.

GOMES, L. C.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. Análise da relação entre força e movimento em uma revista de divulgação científica. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7. **Atas...** Florianópolis, 2009.

GOMES, M. C.; DA POIAN, A. T.; GOLDBACH, T. Revistas de divulgação científica: concepções sobre os temas alimentação-metabolismo energético. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6. **Atas...** Florianópolis, 2007.

GUARIDO FILHO, E. R. G. A Sociologia da Ciência Mertoniana. In: HAYASHI, M. C. P. I. et al (orgs). **Sociologia da Ciência: contribuições ao campo CTS.** Editora: Alínea, Campinas, SP, 2014, p. 311, cap. 5.

HAYASHI, M. C. P. I. Fertilizações Cruzadas entre a Cientometria, e a Sociologia da Ciência e os Estudos Sociais da Ciência. In: HAYASHI, M. C. P. I. et al (orgs). **Sociologia da Ciência: contribuições ao campo CTS.** Editora: Alínea, Campinas, SP, 2014, p. 311, cap. 11.

HOCHMAN, G. A ciência entre a comunidade e o mercado: leituras de Kuhn, Bourdieu, Latour e Knorr-Cetina. In: PORTOCARRERO, V., et al (orgs). **Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens contemporâneas.** Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1994. 272 p. 199-232.

JORGE, J.; ESCOLANO, Â. C. M.; CASSIOLATO, A. M. R. Aspectos didáticos, laicos e científicos de artigos de divulgação científica de duas revistas de conteúdo geral. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 1015-1025, 2011.

JUSTI, R. Ensino sobre Ciências: Da falta de consenso aos novos desafios a serem enfrentados. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9, 2013. **Anais do IX ENPEC.** Aguas de Lindóia, SP. ABRAPEC, 2013.

KEMPER, A.; ZIMMERMANN, E.; GASTAL, M. L. A. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6. **Atas...** Florianópolis, 2007.

KROPF, S. P.; FERREIRA, L. O. A prática da ciência: uma etnografia no laboratório. **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**, v. 3, n. 5, p. 589-597, 1998.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo, Editora Perspectiva, 1998, 5ª edição, SP, 257p.

LATOUR, B. **A esperança de Pandora:** ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. In: Filosofia e política. Editora da Universidade do Sagrado Coração, 2001.

LATOUR, B. **Ciência em ação:** como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Editora UNESP, 2000. 438p.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório:** a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LAW, John. O laboratório e suas redes. In: CALLON, Michel (Org.) La science et ses reseaux. Paris, La Découverte, 1988. Trad. Ana Lúcia do Amaral Villasboas. Disponível em: < www.necso.ufrj.br/Trads/O%20laboratorio%20e%20suas%20redes.rtf >. Acesso em 04/01/2016.

- LEGEY, A. P.; JURBERG, C.; COUTINHO, C. M. L. Educação científica na mídia impressa brasileira: avaliação da divulgação de biologia celular em jornais e revistas selecionados. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 3, p. 35-52, 2009.
- LOBO, M.; MARTINS, I. Representações Sobre Alimentação e Ciência em um Texto de Divulgação Científica: implicações para a educação em ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 3, p. 3-26, 2013.
- LORENZI, B. R.; ANDRADE, T. N. Latour e Bourdieu: rediscutindo as controvérsias. **Teoria & Pesquisa: Revista de Ciência Política**, UFSCAR Vol. 20, n 2 p. 107–121, 2001.
- LÜDKE, M; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. Editora Pedagógica e Universitária, 1986. 99f.
- MACEDO, M.F.G.; BARBOSA, A. **Patentes, pesquisa & desenvolvimento: um manual de propriedade intelectual**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000. 164 p.
- MASON, J. Mixing methods in a qualitatively driven way. **Qualitative Research**, v. 6, n. 1, p. 9-25, 2006.
- MENDES, M. A. S. Sobre a Análise do Discurso. **Revista de Psicologia da UNESP**, v. 4, n. 1, p. 16-40, 2008.
- MATTEDI, M.; SPIESS, M. Modalidades de regulação da atividade científica: uma comparação entre as interpretações normativa, cognitiva e transacional dos processos de integração social da comunidade científica. **Educação e Sociedade**, v. 31, p. 73-92, 2010.
- MIRANDA, A. S. Superinteressante: das bancas para a escola. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5. 2005, Bauru. **Atas...** Bauru, 2005.
- MINAS FAZ CIÊNCIA. Minas Gerais: Editora Abril, v. 50, n. 1, jan. 1998.
- MONTEIRO, M. S. A. Analisando a representação na ciência: práticas de produção de evidências. In: IV Simpósio Nacional de Tecnologia e Sociedade, 2011, **Anais do IV Simpósio Nacional de Tecnologia e Sociedade**, 2011, Curitiba.
- MORAES, R. Uma Tempestade de Luz: A Compreensão Possibilitada pela Análise Textual Discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. **Análise textual discursiva**. 2ªed. Revisada, Editora: Unijuí, Ijuí, RS. 2013, p.223.
- NASCIMENTO, T. G.; REZENDE JUNIOR, M. F. A produção sobre divulgação científica na área de educação em ciências: referenciais teóricos e principais temáticas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 97-120, 2010.
- NOGUEIRA, M. A.; GIGANTE, L. C. Racionalização s Sociologia da Ciência de Max Weber. In: HAYASHI, M. C. P. I. et al (orgs). **Sociologia da Ciência: contribuições ao campo CTS**. Editora: Alínea, Campinas, SP, 2014, p. 311, cap. 4.
- NOUVEL, P. **FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS**. 1ª edição, Editora Papyrus, Campinas, SP, 2013 240 p.
- OCÁRIZ, I.C. **Análise das cartas do leitor de duas revistas jornalísticas de divulgação**. 2013. 132p. Dissertação (Mestrado em Divulgação Científica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2013.

OLIVEIRA, J. R. S. A dinâmica da ciência em artigos de divulgação científica da revista Pesquisa FAPESP. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9. 2013, Aguas de Lindóia. **Atas...** São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, J.R.S.; GONTIJO, G.B. Nos bastidores da ciência: conhecendo o trabalho do cientista. Editora Letraria, Araraquara, SP, 2015, 50f.

PAIVA, C.; ALBUQUERQUE, K. B. As visões deformadas da ciência por estudantes concluintes do ensino médio: a alfabetização científica como alternativa. Disponível em <<http://sinect.com.br/anais2014/anais2014/artigos/educacao-cientifica-e-tecnologica-e-estudos-cts/01409619569.pdf>> Acessado em 03/01/2016.

PECHULA, M. R. A Ciência Nos Meios De Comunicação De Massa: divulgação de conhecimento ou reforço do imaginário social. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2007.

PEDRINI, A.G. Ciência e Sociedade; a Divulgação Científica por meio de Ciclos de Debates. In VI Congresso Latino-Américo. Reunião da rede de popularização da Ciência e Tecnologia da América Latina e Caribe, 1999, **Anais**, Rio de Janeiro, 1999.

PEREIRA, A. G.; TERRAZAN, E. A. A Multimodalidade em Textos de Popularização Científica: Contribuições Para O Ensino De Ciências Para Crianças. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 489-503, 2011.

RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. A ciência em diferentes vozes: uma análise de textos de divulgação científica. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5. **Atas...** Bauru, 2005.

SANTOS, B.S. **Introdução a uma ciência pós-moderna**. 6.ed. Rio de Janeiro. Editora Graal,2012, p.176.

SANTOS FILHO, J. C. S.; Pesquisa quantitativa *versus* pesquisa qualitativa: o desafio paradigmático. In: SANTOS FILHO, J. C. S.; GAMBOA, S.S. (org.). **Pesquisa Educacional: quantidade-qualidade**. 5ª ed. São Paulo: Cortez, 2002 – (Coleção Questões de Nossa Época; v.42). p. 13, cap. 1

SCHWARTZMAN, S. A pesquisa científica e o interesse público. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 1, n. 2 jul/dez, p. 361-395, 2009.

SILVA, B. O.; RIBEIRO, P. R. C. Sexualidade no ensino de ciências: a revista Capricho enquanto um artefato cultural na sala de aula. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7. 2009, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis, 2009.

SILVA, H. C. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, v. 1, n. 1, 2007. p.53-59

SILVA JÚNIOR, M. G. (Trans)criações jornalísticas na revista Minas Faz Ciência. In: 12º Encontro Nacional de Pesquisadores em Jornalismo, 2014, Santa Cruz do Sul (RS). **Anais do XII Encontro Nacional de Pesquisadores em Jornalismo**. Santa Cruz do Sul (RS): SBJor, 2014. p. 138-138.

SILVA, K. R.; GASPARRINI, L. J.; SILVA, L. R.; CUNHA, M. B. Percepções de cientista no filme “Os Smurfs”: uma experiência em sala de aula. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química, 2012, Salvador, Bahia, **Anais do XVI ENEQ**, 2012.

SILVA, L. L.; PIMENTEL, N. L.; TERRAZAN, E. As analogias na revista de divulgação científica Ciência Hoje das Crianças. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2011.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. As analogias na divulgação científica: o caso da Ciência Hoje das Crianças. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4. 2003, Bauru. **Atas...** Bauru, 2003.

SANTOS, B. S. **Um discurso sobre as ciências**. 5. ed. - São Paulo: Cortez, 2008, 92f.

SOUZA, P. H. R.; ROCHA, M. B. Sistemática Filogenética e Divulgação Científica: análise da Revista Scientific American Brasil. IN: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), v. 9. Aguas de Lindóia, **Atas...** 2013. São Paulo.

TERRAZZAN, E. A.; GABANA, M. Um estudo sobre o uso de atividade didática com Texto de Divulgação Científica em aulas de Física. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Em Ciências, 4. Bauru, **Atas...**, 2003, SP.

UNESCO. A ciência para o século XXI: uma nova visão e uma base de ação. Brasília. ABIPTI, 2003. 72p.

URIAS, G; ASSIS, A. Análise de biografias de Einstein em dois livros de divulgação científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p.207-228, 2012.

VARGAS, C. F. **A divulgação científica e os níveis de conhecimento**. Vidya, v.37, jan/jun 2002, p 105 - 119.

VIANNA, D. M.; CARVALHO, A. M. P. Bruno Latour e contribuições da antropologia da ciência: aspectos para o ensino das ciências. **Ciência & Ensino**, v. 6, n. 1, p.14-19, 2006.

VIEIRA, C. L. **Pequeno manual de divulgação científica: dicas para cientistas e divulgadores de ciência**. Ciência Hoje/Faperj, SP,1999.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 325-349, 2004.

ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. Estudo sobre o uso de analogias em revista de divulgação científica. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6. 2007, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis, 2007.

ZAMBONI, L. M. S. **Heterogeneidade e subjetividade no discurso da divulgação científica**. 1997. 168f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Linguística) - Instituto de Linguagem, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

ZARUR, G. C.L. **A arena científica**. Campinas: Editora Autores Associados, 1994. 196 p.

ANEXO A Textos selecionados da revista *Minas Faz Ciência*, para composição do corpus.

Texto A

ECOLOGIA

O que falam as trilhas

Pesquisa aponta os efeitos do ecoturismo sobre o solo e vegetação da trilha da cachoeira da farofa, principal atrativo turístico do Parque Nacional da Serra do Cipó

Kátia Brito

"A natureza tem uma voz de milhões de registros manifestados ao mesmo tempo, o que nos impede de apreendê-los". O aforismo de Carlos Drummond de Andrade, publicado em *O Avesso das Coisas*, ilustra a grandiosidade da natureza, revelando a sua infinidade de espécies com suas diversas características peculiares. Ao mesmo tempo em que a natureza "fala", as suas vozes não são totalmente perceptíveis ao homem. O trabalho de pesquisadores que desenvolvem estudos no ramo da Ciência denominado "Ecologia de recreação" é exatamente decifrar as formas que a natureza tem a "dizer", quando submetida à constante visitação de pessoas, seja para ecoturismo, recreação, prática de esportes, ou simples contemplação da natureza.

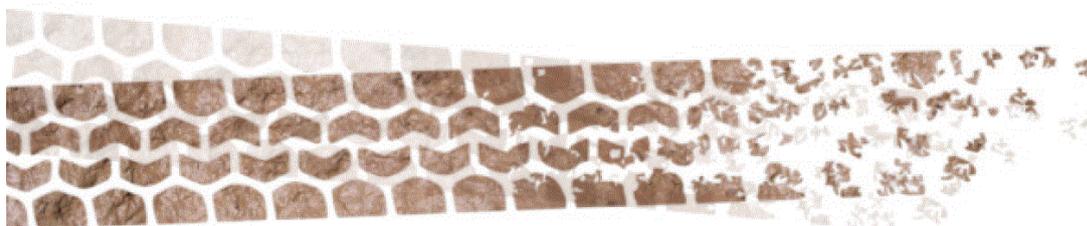
Desde 2007, um grupo de pesquisadores coordenados pelo professor Múcio

Figueiredo, da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ), iniciou uma investigação à respeito da qualidade do solo e da vegetação da principal trilha que conduz os turistas à cachoeira da Farofa, na Serra do Cipó, uma das unidades de conservação mais visitadas do Estado.

Para descobrir os impactos causados pelo trânsito de pessoas, bicicletas e cavalos pela trilha, o grupo de pesquisa monitorou a perda de solo e realizou testes de pisoteio experimental nas laterais das trilhas. Além de diagnosticar os índices de compactação da superfície do solo no leito da trilha e fora do leito, na vegetação lateral. "Quando as pessoas, bicicletas e cavalos transitam pela trilha, tornam o solo desnudo, sem proteção vegetal, desencadeando um processo de desintegração dele. Medimos se havia

perda ou acúmulo de material ao longo da trilha, além dos índices de compactação do solo", explica Figueiredo.

À medida que o solo fica instável, pois está sendo compactado e ao mesmo tempo desagregado superficialmente devido ao trânsito de pessoas, bicicletas e cavalos, torna-se propenso à erosão. Na medida em que a erosão avança no leito da trilha, gerando seu aprofundamento, o local torna-se incômodo para caminhadas e trânsito de bicicletas. O visitante (turista) busca, então, outros caminhos em meio à vegetação como alternativa ao incômodo causado pelo aprofundamento do leito (erosão) anterior, e é nesse momento que surgem novas trilhas. "Nós observamos, na trilha estudada, que havia até cinco leitos de trilha distintos abandonados, que as pessoas não usam mais porque se torna-



ram focos erosivos, tornando-se, portanto, inadequados ao trânsito de visitantes. Isso é preocupante porque, em vez de um, teremos um conjunto de processos de degradação ambiental", avalia.

Os efeitos das novas trilhas abertas sobre a vegetação foram conhecidos a partir de uma técnica já consagrada em experimentos realizados nos Estados Unidos, Europa e Austrália, mas ainda praticamente não utilizada no Brasil, na qual são construídos sítios experimentais com raia de pisoteio. Em cada raia, foi aplicado o pisoteio em intensidades diversificadas e foi constatado que determinadas extratos de espécies vegetais se recuperam com rapidez e outras lentamente, como é o caso da vegetação do extrato gramíneo e herbáceo. "Em um dos sítios de pisoteio experimental, encontramos a *brachiaria*, espécie gramínea exótica, resistente e agressiva, que expulsa e ocupa o espaço de espécies nativas, que já existiam no local. Mesmo com o pisoteio, a *brachiaria* mostrou alta capacidade de recuperação (alta resiliência) em relação às outras espécies, gerando um desequilíbrio ecológico, pois não pertence ao bioma local".

Estudar o que acontece com os aspectos geocológicos da natureza naquela zona do Parque Nacional da Serra do Cipó mostra, por exemplo, como tais estudos são importantes para que a integração do homem com a natureza possa ser mantida sem maiores danos ao meio natural local. Por isso, é necessário que os gestores conheçam os ambientes naturais do parque para implantarem ações de proteção do solo e orientação dos visitantes. "Propomos que seja criada uma espécie de protocolo de monitoramento dessas trilhas para identificar possíveis problemas à medida que forem identificados processos de degradação e tomar medidas para que, por exemplo, a erosão não aumente ou não haja a formação de poças de lama nos períodos chuvosos. Esse tipo de degradação das trilhas dificulta, e muitas vezes impede o trânsito de visitantes e ecoturistas, obrigando-os a buscarem caminhos alternativos que contornem o local impactado. Porém, inadvertidamente, começam a gerar outros focos de degradação ambiental,

na medida em que expandem os locais de pisoteio através da abertura de trechos de trilhas alternativos".

A pesquisa está na sua última fase, em que foram abertas trincheiras nos solos do leito e das áreas de vegetação próximas à trilha e retiradas amostras para estudos laboratoriais a fim de identificar e comprovar a existência da compactação do solo em relação às áreas não pisoteadas fora das trilhas. As conclusões alcançadas até o momento apontam que a compactação apresenta variações de acordo com o tipo de solo encontrado na trilha e que não é a quantidade de pessoas que circula pelo parque que vai aumentar o problema, mas sim, como as pessoas se comportam ao caminhar pelas trilhas. Outros resultados verificados pelo grupo de pesquisa na literatura técnica mostram, por exemplo, que o trânsito de cavalos é extremamente danoso ao equilíbrio ambiental das trilhas. Esse tipo de uso - cavalos de montaria - é verificado na trilha investigada, mostrando, mais uma vez, o quanto que estudos geocológicos são importantes para o gerenciamento ambiental de trilhas em unidades de conservação de uso público.

Com o contínuo crescimento do ecoturismo brasileiro e mundial, a tendência é que os problemas apontados, se não forem geridos de forma adequada, sejam agravados. Portanto, os gestores das unidades de conservação têm um papel fundamental para avaliação e cuidado para com as trilhas, pois, elas são o meio de ligação entre o público e os atrativos naturais, viabilizando a sua visitação. Segundo o professor Figueiredo, caso as trilhas alcancem níveis críticos de degradação ambiental, a visitação aos atrativos naturais da unidade de conservação ficará comprometida. "O objetivo maior de diagnosticar e monitorar o estado das trilhas ecoturísticas é viabilizar a sua existência, fazendo com que a visitação continue ou até aumente. Não podemos privar a população de manter contato com a natureza. Se não houver a preocupação em planejar adequadamente o uso dessas trilhas, através de um diagnóstico ambiental objetivo, a visitação pode se tornar inviável a médio prazo", observa Figueiredo.

Foto: Angelo Pascoal



Diagnóstico do índice de compactação da superfície do solo



Teste de pisoteio experimental em trecho da trilha

PROJETO: Estudos geocológicos em trilhas ecoturísticas do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG
COORDENADOR: Múcio do Amaral Figueiredo
MODALIDADE: Demanda Universal
VALOR: R\$ 16.568

Texto B

ENGENHARIA

Sinal verde para a liberdade



Maurício Guilherme Silva Jr.

Acionado conforme a cor exibida nos semáforos, dispositivo criado por estudantes do UniBH facilita circulação dos deficientes visuais pelas ruas e avenidas das metrópoles

Dados do Censo Demográfico 2010, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), revelam que cerca de 35,8 milhões de pessoas no País sofrem de deficiência visual – dentre as quais, 528 mil possuem cegueira completa. Imagine o leitor a miríade de desafios enfrentada por tais cidadãos, dia a dia, nos grandes centros urbanos, onde a solidariedade parece escassa e os problemas logísticos multiplicam-se de forma exponencial, ao ritmo da ampliação do número de carros nas ruas e avenidas. No trânsito das metrópoles, é sempre bom lembrar que, afora os obstáculos próprios da ausência de visão, os cegos percebem seus direitos civis acachapados, justamente, em função da precariedade das políticas de circulação: em meio a veículos sempre dispostos a acelerar, de que modo atravessar, com segurança, a mais pacata das vias públicas?

Com o inovador (e solidário) auxílio de estudantes do Centro Universitário de Belo Horizonte (UniBH), os deficientes visuais ganham nova oportunidade para caminhar com tranquilidade por entre as desafiadoras alamedas das megacidades. Sob orientação do professor Euzébio de Souza, coordenador do curso de Engenharia Elétrica da Instituição, **oito alunos** desenvolveram o *Transponder*, equipamento individual capaz de avisar às pessoas com cegueira total, no exato instante em que buscam atravessar ruas ou avenidas, a cor exibida pelo sinal de trânsito. Afivelado ao braço do usuário, o dispositivo vibra de modo distinto conforme a luz – amarela, verde ou vermelha – do semáforo.

De acordo com a “tonalidade” da sinalreira, variam o tempo e a intensidade

Batizado oficialmente de *Transponder configurável para deficientes visuais*, o dispositivo eletrônico (complementar de automação) busca receber, amplificar e retransmitir sinal em frequência diferente, ou transmitir mensagem pré-determinada – a partir de fonte específica – em resposta a outra, também pré-definida por fonte específica. O termo *Transponder* é a abreviação para *Transmitter-Responder*.

A equipe responsável pelo desenvolvimento do *Transponder* é composta pelos estudantes Guilherme Henrique Camelo, Rafael Zanini, Marcelo Faleiro, Lílian de Melo Costa, Jurandir Agostinho, Bruno Vianna, Breno Monteiro e Gustavo Almeida de Oliveira.

de vibração do aparelho atado ao corpo do pedestre com deficiência visual: “Oscilações prolongadas indicam a possibilidade de o cidadão atravessar a via pública em segurança, pois o sinal está vermelho para os automóveis”, destaca Souza, ao explicar, ainda, que a troca de “informações” entre o *Transponder* e o equipamento de tráfego dá-se por meio de radiofrequência. Para que o mecanismo funcione, portanto, é necessário instalar, nos semáforos, circuitos integrados capazes de enviar ondas eletromagnéticas ao aparelho.

Fábrica de empreendedores

O desenvolvimento do *Transponder* foi proposto pelos alunos, em agosto de 2011, durante as aulas de Trabalho Interdisciplinar de Graduação (TIG), disciplina que, nos diversos cursos do UniBH, busca estimular, semestre a semestre, a “interação” entre múltiplas áreas do conhecimento. No TIG da Engenharia Elétrica, o corpo discente é convidado a elaborar e aperfeiçoar – ao longo dos períodos letivos – serviços e/ou artefatos inovadores. “Ao longo da graduação, os estudantes têm tempo para criar e sofisticar suas invenções”, ressalta Euzébio de Souza, ao comentar, ainda, a possibilidade de, antes mesmo da formatura, os estudantes investirem em iniciativas como o patenteamento de novas ferramentas e ideias.

“Ao impacto social das inovações, some-se a chance de os alunos finalizarem o curso com ótima oportunidade de negócio nas mãos”, afirma o professor, para quem a busca por novos produtos e serviços revela-se a força-motriz a mobilizar os alunos de Engenharia Elétrica do UniBH: “Entendemos que, em diversas áreas, o Brasil carece de projetos acadêmicos e científicos. Isso nos motiva a mostrar aos estudantes a possibilidade de investimento em projetos realmente

“Oscilações prolongadas indicam a possibilidade de o cidadão atravessar a via pública em segurança, pois o sinal está vermelho para os automóveis”

Euzébio de Souza
Coordenador do curso de Engenharia Elétrica

“Como em todo trabalho em equipe, no início, não havia consenso quanto à eficácia do projeto. Após uma série de debates no grupo, contudo, resolvemos investir no Transponder. No fundo, sabíamos que tudo poderia dar certo”

Guilherme Henrique Camelo
Estudante

inovadores, capazes, inclusive, de transformar o curso de graduação numa experiência única”.

Bons conceitos e iniciativas, contudo, dizem respeito não apenas à organização acadêmica dos trabalhos, mas também – e principalmente – ao esforço, ao talento e ao “espírito visionário” dos alunos, sempre engajados nos desafios semestrais. No caso do *Transponder*, a proposta de desenvolvimento do produto nasceria das indagações de um de seus co-autores, o estudante Guilherme Henrique Camelo, que, certa vez, presenciara a dificuldade de um deficiente visual em atravessar uma movimentada avenida da capital mineira. Da cena urbana viriam as poucas (e férteis) dúvidas do projeto: o que fazer para que indivíduos com problemas de visão possam usufruir melhor do espaço público? E de que modo, afinal, permitir que “enxerguem” os sinais de trânsito?

“Como em todo trabalho em equipe, no início, não havia consenso quanto à eficácia do projeto. Após uma série de debates no grupo, contudo, resolvemos investir no *Transponder*. No fundo, sabíamos que tudo poderia dar certo”, recorda-se Guilherme, que, desde o ensino médio, realizado no Serviço Social da Indústria (SESI), cultiva o pendor pelo empreendedorismo: “Quando tive a ideia do equipamento, pensei ‘lá na frente’. Afinal, trata-se de produto que pode emplacar, já que não há nada parecido no mercado”.

Apresentado às questões suscitadas por Guilherme, o colega Rafael Zanini – também integrante do grupo de TIG – seria o primeiro a destacar, em contraponto à óbvia impossibilidade de percepção das cores pelos deficientes visuais, a grande capacidade tátil de tais indivíduos. Iniciava-se, assim, a construção de respostas práticas aos problemas de pesquisa. Pois a partir de elementos de sua própria rotina, os estudantes buscariam soluções criativas para “as pedras” do caminho.

Ao discutir a habilidade dos deficientes visuais em reconhecer “o mundo” pelo tato, os pesquisadores lembraram-se, como num divertido passe de mágica, do funcionamento dos *joysticks* de jogos eletrônicos – os quais, em corridas virtuais de carros, por exemplo, são responsáveis, por meio de vibrações no controle acionado pelo jogador, pela simulação das reentrâncias da pista ou da frenética tensão do motor. “O grupo de TIG, então, adaptou o circuito integrado do *joystick* ao protótipo do *Transponder*”, elucida Euzébio de Souza.

Na frequência da solidariedade

Ao longo das etapas de produção, desde meados do ano passado, o *Transponder* passaria por

significativas modificações – a começar pela substituição do “motorzinho” de *joystick* por mecanismo mais sofisticado, construído pelos estudantes com peças encontradas em lojas especializadas. Trata-se de circuitos eletrônicos que, após manipulados, tornam-se capazes de transmitir ondas eletromagnéticas: “O sistema, no qual fios recebem energia e enviam sinais de rádio, foi todo construído pelo grupo”, ressalta o professor.

Para além das questões técnicas, porém, os cuidados com o bem-estar dos usuários tomou a maior parte da atenção dos pesquisadores. Afinal, as metas do projeto diziam respeito à possibilidade de garantir maior autonomia e liberdade aos deficientes visuais. Exatamente por isso, durante as etapas de produção do *Transponder*, realizaram-se simulações do equipamento com o auxílio de um professor de Braille do Instituto São Rafael, entidade especializada no atendimento educacional à pessoas com problemas de visão.

Como resultado de tal colaboração, surgiram os novos desafios e demandas, que, neste primeiro semestre de 2012, prenderão a atenção dos jovens pesquisadores. Trata-se, em primeira lugar, da tentativa de diminuir o tamanho do *Transponder*, de modo a que o equipamento torne-se cada vez mais bonito e confortável aos usuários. Por outro lado, os estudantes buscarão ampliar, segundo Guilherme Camelo, os níveis de confiabilidade da ferramenta: “O projeto já é bastante confiável. Apesar disso, quanto mais segurança, melhor! Afinal, o aparelho será usado, nas ruas, por pessoas com necessidades especiais”, enfatiza.

Neste momento, afora as pesquisas em busca da miniaturização do *Transponder*, os estudantes negociam parcerias com instituições como a Empresa de Transportes de Trânsito de Belo Horizonte (BHTrans). Para ampliar as possibilidades da solidária invenção, será fatalmente necessária a ampliação de recursos e infraestrutura. “Enquanto isso, o grupo aguarda o andamento do processo de patenteamento, já iniciado, de sua ótima invenção”, conclui o professor Euzébio de Souza.

TEXTO C

SAÚDE

Quando tempo é vida

Imunossensor desenvolvido em Uberlândia aprimora diagnóstico de infarto agudo do miocárdio

Virgínia Fonseca

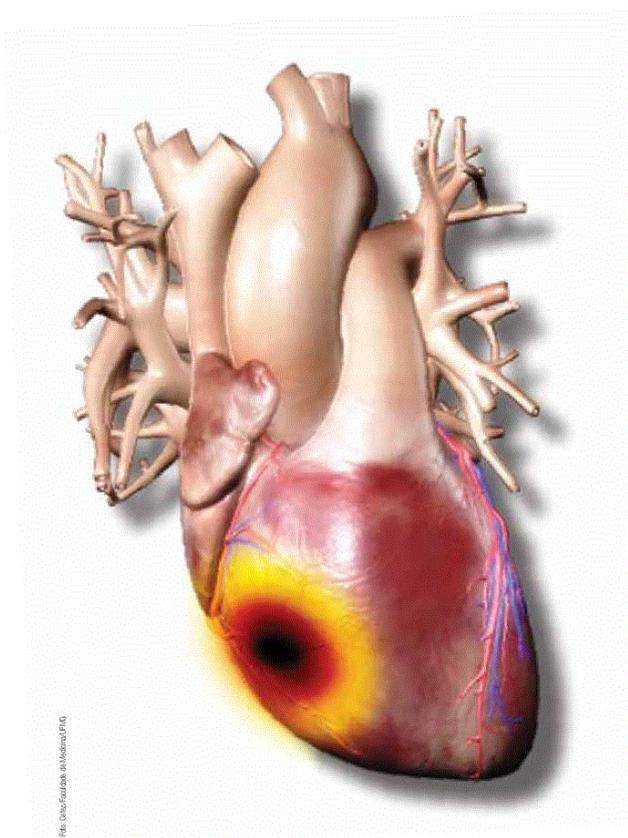


Foto: Colégio Brasileiro de Medicina F11G

"PANE" NO SISTEMA

Quando a obstrução de uma artéria impede que o sangue chegue ao coração, ocorre o infarto do miocárdio, que é a morte do tecido cardíaco no local não irrigado. A área necrosada deixa, então, de exercer sua função. "Se pensarmos o órgão como um sistema de 'bombeamento', ao perder 30%, 40% de sua capacidade, ele gera limitações no organismo, como cansaço, falta de ar, entre outros sintomas", explica o médico cardiologista Almir Fontes, chefe do Setor de Ecocardiografia do Hospital das Clínicas da UFU. A arritmia, que é o descontrole no ritmo dos batimentos cardíacos, é uma das principais consequências da doença e pode levar à morte.

A intensidade do infarto varia de acordo com fatores como maior área atingida ou região específica do órgão. Segundo o cardiologista, em cerca de 30% dos casos, o doente não apresenta sintomas típicos, como dor no peito e, às vezes, ocorrem quadros atípicos, como cansaço súbito e mal-estar, daí a importância de se fazer *check-ups* e procurar sempre o médico, diante de qualquer suspeita, para um diagnóstico preciso.

O coração é um órgão oco composto de tecido muscular que, em um adulto, tem o tamanho aproximado de um punho fechado e pesa cerca de 400 gramas. Sua função é bombear o sangue para que percorra todo o corpo, transportando o oxigênio e os nutrientes de que o organismo precisa para manter suas atividades vitais. O fato de o coração ser constituído por um músculo, o miocárdio, é o que possibilita ao órgão desempenhar esse papel, por meio do movimento de contração que, nesse caso específico, recebe o nome de sístole.

Por sua vez, o músculo cardíaco é altamente vascularizado e precisa receber um suprimento de oxigênio para seguir trabalhando. Como em um mecanismo de auto-alimentação, ao bater, o coração também leva sangue para os seus próprios vasos. Quando esse processo falha — devido à obstrução das artérias, por exemplo — pode ocorrer o temido infarto do miocárdio, que é a “morte” de parte do tecido cardíaco, causada pela ausência de irrigação sanguínea que transporta oxigênio para o órgão. Ao lado de outras doenças cardiovasculares, esse mal está entre as principais causas de óbitos hoje no Brasil e no mundo. A relevância social do tema motiva estudos em centros de pesquisa de todo o planeta e levou uma equipe da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) a desenvolver uma técnica, baseada em biossensores, mais rápida e precisa para diagnóstico da enfermidade.

A identificação precoce e segura de um quadro de infarto é fundamental para a sobrevivência do paciente, devido ao caráter progressivo da doença. “A demora no diagnóstico pode afetar de forma intensa o funcionamento do coração, vasos sanguíneos e linfáticos que formam o sistema cardiovascular, levando à morte”, detalha a coordenadora da pesquisa, professora Ana Graci Brito Madurro, do Instituto de Genética e Bioquímica (Ingeb) da UFU. Em contrapartida, a detecção precoce pode aumentar as chances de recuperação e reduzir o tempo de internação, colaborando para a diminuição do impacto social e econômico na família do paciente. A pesquisadora aponta reflexos significativos

também nos custos para o Sistema de Saúde, com a queda nos gastos hospitalares, inclusive em unidades de terapia intensiva, pois, de acordo com a Sociedade Brasileira de Cardiologia, mais de 320 mil pessoas morrem por ano no País, tendo como causa doenças do coração.

Hoje, o diagnóstico do infarto agudo do miocárdio em salas de emergência é baseado em sintomas, eletrocardiograma, exame de sangue para detecção de substâncias indicativas (marcadores específicos) e angiografia ou angiograma, uma espécie de radiografia da anatomia do coração e vasos sanguíneos que utiliza contraste iodado (tintura). Embora existam vários testes disponíveis, nenhum é altamente sensível e específico, particularmente nos momentos iniciais do infarto. “Se por um lado o tempo é fator fundamental para o tratamento do paciente, por outro está também relacionado com os sintomas, a dosagem dos marcadores e os estudos eletrocardiográficos e angiográficos”, comenta Ana Graci. Segundo a professora, as técnicas utilizadas atualmente são relativamente eficazes para monitorar o quadro clínico do paciente, entretanto, demandam mão de obra qualificada, custo elevado e longo tempo de análise.

Tendo em mente a importância de reduzir o período necessário para detecção dos marcadores específicos e proporcionar mais agilidade ao diagnóstico, foi que os pesquisadores do Laboratório de Biomateriais (Ingeb) e do Laboratório de Filmes Poliméricos e Nanotecnologia (Instituto de Química) da UFU propuseram um método que utiliza biossensores. Além de diminuir o tempo do exame, o objetivo é proporcionar menor custo e mais facilidade de utilização da técnica, características que são de grande interesse tanto para o paciente, quanto para o Sistema de Saúde.

Rastros de um problema

Quando as células do miocárdio começam a morrer, há a liberação de uma grande quantidade de enzimas cardíacas na corrente sanguínea. Assim, o diagnóstico do infarto do coração por meio de marcadores específicos é feito pela dosagem dessas enzimas. Muitas vezes, são realizadas várias



Os professores Ana Graci e João Marcos estão à frente dos trabalhos nos laboratórios da UFU



Equipe conta com profissionais de diferentes formações, nas áreas de Ciências Biológicas e Exatas

medições no decorrer do dia, para melhor avaliação e acompanhamento do quadro clínico. Os marcadores mais pesquisados são a creatina fosfoquinase (CPK), transaminase glutâmico oxaloacética (TGO), lactato desidrogenase (LDH), creatinina kinase-MB (CK-MB) e troponina T, sendo os dois últimos considerados os mais relevantes. Normalmente encontrados em baixos níveis no plasma sanguíneo de pessoas saudáveis, eles são elementos indispensáveis para o diagnóstico definitivo do infarto, pois a elevação dos valores indica lesão do tecido ou órgão específico. Da mesma forma, a normalização dos seus índices costuma ser um dos critérios para alta do paciente da unidade de terapia intensiva.

A CK-MB é um bom marcador para a lesão cardíaca aguda, devido à sua excelente especificidade, sendo que seu aumento no plasma se dá dentro de duas a oito horas após o infarto. Essa enzima também é útil no diagnóstico de reincidência ou extensão da doença, pois sua concentração começa a decair em 24 horas, desaparecendo de um a três dias. Elevações subsequentes são indicativas de um novo evento de infarto do miocárdio.

Já as troponinas permanecem elevadas por muito mais tempo que a CK-MB: de cinco a nove dias para a troponina I cardíaca (cTnI) e até duas semanas para a troponina T cardíaca (cTnT), o que constitui uma vantagem na identificação do infarto, caso algum tempo já tenha se passado depois da ocorrência. As cTnT e cTnI tomam-se mensuráveis de três a quatro horas após o início do infarto agudo do miocárdio. Ambas podem ser utilizadas para o diagnóstico, porém a sensibilidade da cTnT é superior à de todos os outros marcadores, sendo considerada o padrão-ouro entre os marcadores bioquímicos da necrose do tecido miocárdico.

Passos para a solução

O projeto pautou-se no desenvolvimento de um biossensor para diagnóstico do marcador específico troponina T cardíaca. O biossensor é um sistema que usa reações bioquímicas que ocorrem a partir de DNA, enzimas, tecidos, organelas, células, antígenos ou anticorpos para detectar um determinado componente. Eles podem ser

classificados em genossensores, quando empregam DNA; sensores enzimáticos, à base de enzimas; ou imunossensores, se utilizam antígenos ou anticorpos – este último, escolhido pelos pesquisadores da UFU.

Enquanto os exames convencionais de dosagem de enzimas levam cerca de 2 horas, com o imunossensor para a troponina T cardíaca a resposta é obtida em até cinco minutos e a análise poderia ser realizada fora do ambiente hospitalar, por meio de um equipamento portátil. Normalmente, os biossensores funcionam por meio de contato com fluidos corpóreos como sangue, saliva ou suor, que são retirados do paciente. "A aplicação desse tipo de método é uma área de grande interesse atualmente, pois facilita o diagnóstico à distância", explica Ana Graci. Ela acrescenta que o sistema proposto é semelhante ao *kit* para a avaliação de glicose, disponível no mercado e de amplo acesso da população. Nele, uma pequena amostra de sangue é adicionada ao aparelho, gerando um sinal proporcional à concentração de glicose no sangue.

A metodologia baseia-se em uma tecnologia bastante utilizada para fins de diagnóstico: a produção de eletrodos impressos. O eletrodo é formado por um suporte, normalmente de PVC ou cerâmica, sobre o qual é depositada uma fina película de material condutor. Sobre esta é aplicada outra camada, de material isolante, conectada ao aparelho de medição e, por fim, é afixada a biomolécula que será usada para reconhecer o "alvo". No caso do diagnóstico de infarto do miocárdio, trata-se de um anticorpo específico para a troponina T que, em contato com a amostra de sangue a ser analisada, provoca uma reação capaz de gerar um sinal elétrico indicativo da presença desse biomarcador.

Para a otimização do sistema, o grupo propôs a modificação da superfície desses eletrodos com polímeros funcionalizados, que permitem melhor imobilização da anti-troponina. "Os polímeros tornam o sistema mais seletivo e sensível, além de aumentar a eficiência da fixação e estabilização das biomoléculas durante a produção, o que contribui para fazer crescer o tempo de estocagem dos biossensores, facilitando sua comercialização", adianta a professora.

De acordo com a pesquisadora, atualmente existe um interesse crescente quanto à aplicação desses sistemas para a produção em grande escala de sensores para análise clínica de doenças. Sensores de tamanho reduzido, baixo custo, elevada sensibilidade e detecção em tempo-real são desejados, particularmente em diagnósticos que possam ser realizados fora do ambiente hospitalar, como em residências, consultórios e até mesmo se o paciente estiver em viagem – situações em que o resultado deve ser rápido e pequeno volume de amostras é requerido.

A produção dos eletrodos impressos está em fase de desenvolvimento, coordenada pelo professor João Marcos Maduro, do Laboratório de Filmes Poliméricos e Nanotecnologia, sendo que a equipe criou uma tinta com elevada condutividade e estabilidade para a aplicação sobre o substrato de cerâmica. Os novos polímeros utilizados como plataformas para a imobilização do anticorpo específico para a troponina T cardíaca mostraram-se eficientes na detecção. "Além do tempo de resposta rápido e do fácil manuseio, o material apresenta grande potencial para miniaturização e produção em massa", destaca a professora. Os imunossensores poderão ser incorporados em exames laboratoriais em larga escala ou em testes individuais, além do atendimento à demanda governamental brasileira e de outros países quanto à detecção de doenças humanas.

Outra vantagem apontada é o baixo custo e a possibilidade de produção a partir de material disponível no país. Segundo Ana Graci, atualmente, somente as biomoléculas utilizadas são importadas. O projeto para desenvolvimento do imunossensor para marcador cardíaco está em andamento, sob patente, visando à produção independente dos eletrodos impressos funcionalizados com polímeros. Além da produção da plataforma, encontra-se em andamento uma etapa importante para a sua utilização, que são os testes com amostras reais de pacientes infartados e a determinação do limite de detecção, que aponta a quantidade mínima a partir da qual o sistema consegue reconhecer a presença do marcador específico.

Esses são alguns dos passos iniciais para a utilização médica em grande escala. E, enquanto caminha nesse sentido, a equipe segue aprimorando as pesquisas. Para complementar o diagnóstico, um novo biossensor está em fase de desenvolvimento, visando à detecção da proteína C-reativa (PCR), um marcador considerado referência para inflamação, contribuindo para prever com maior exatidão o risco cardiovascular. Nesse caso, seria possível realizar o acompanhamento preventivo de pessoas com predisposição, resultando em melhor qualidade de vida para os pacientes e auxiliando os profissionais de saúde no diagnóstico precoce de lesões cardíacas.

Ana Graci explica que este é apenas um dos desdobramentos dos estudos. Devido ao caráter multidisciplinar, o projeto envolve profissionais com diferentes formações nas áreas de Ciências Biológicas e Ciências Exatas, propiciando a integração de grupos que atuam em atividades de pesquisa e inovação tecnológica na UFU. Além de professores do Instituto de Genética e Bioquímica e do Instituto de Química, alunos de pós-graduação investigam aspectos diversos relacionados ao tema. "Ele colabora para a formação de recursos humanos de alto nível em biotecnologia e nanotecnologia", corrobora a coordenadora. Até o momento foram produzidas duas teses de doutorado, cinco dissertações de mestrado e um projeto de iniciação científica, voltados para a criação de novas plataformas para a concepção de dois genossensores (diagnóstico de hepatite e de câncer de próstata), um biossensor enzimático para detecção de lesão do tecido hepático e dois imunossensores (diagnóstico da leishmaniose e infarto agudo do miocárdio). Com o apoio da FAPEMIG e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), foi possível também o depósito de duas patentes: "Metodologia para construção e utilização de genossensor eletroquímico para diagnóstico da hepatite B" e "Dispositivo óptico para detecção de marcador específico de lesão cardíaca".

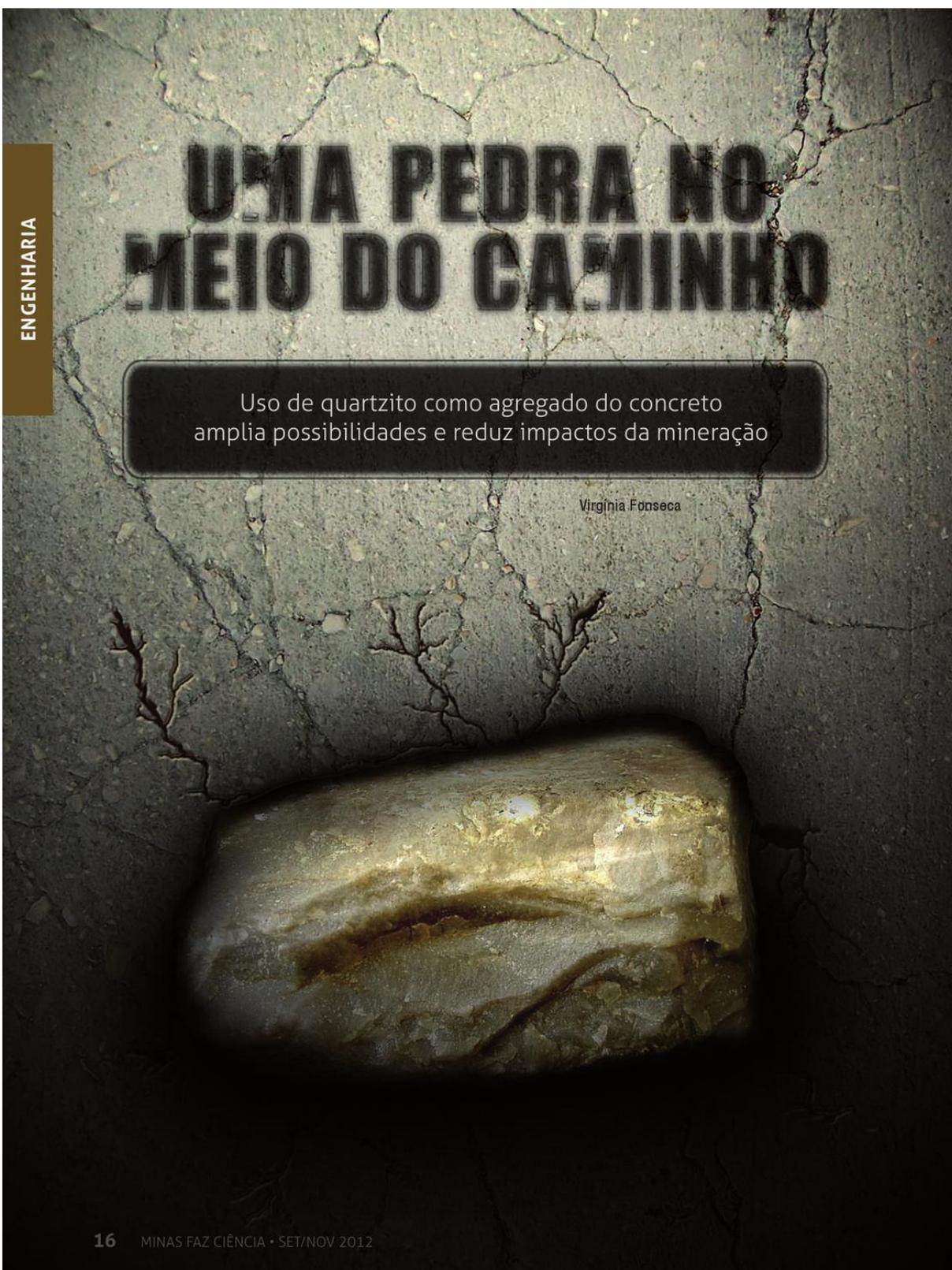
Pesquisadores buscam viabilizar produção, em grande escala, de biossensores com polímeros funcionalizados



PRINCIPAL CAUSA DE MORTE

As doenças cardiovasculares, com aproximadamente 320 mil óbitos anuais, aparecem em primeiro lugar entre as causas de morte no Brasil, representando quase um terço dos óbitos totais e percentual significativo das mortes na faixa etária de 30 a 69 anos de idade, atingindo a população adulta em plena fase produtiva.

PROJETO: Desenvolvimento de imunossensor para diagnóstico do infarto agudo do miocárdio
COORDENADOR: Ana Graci Brito Maduro
MODALIDADE: Programa Pesquisador Mineiro – PPM III
VALOR: R\$ 48 000

TEXTO D

ENGENHARIA

UMA PEDRA NO MEIO DO CAMINHO

Uso de quartzito como agregado do concreto
amplia possibilidades e reduz impactos da mineração

Virgínia Fonseca

16 MINAS FAZ CIÊNCIA • SET/NOV 2012

A referência pode ser bíblica, vir dos contos infantis ou ser resultado da experiência e da sabedoria popular. O fato é que a máxima está no imaginário coletivo: uma edificação, para ser resistente, precisa ter em sua base a solidez da rocha. A teoria é corroborada pela ciência, que em diversas vertentes se empenha na busca pelos materiais mais apropriados e sua melhor aplicação no ramo da construção. Se a pesquisa sobre a utilização de determinado material puder, ainda, resolver outra situação que gera impacto socioambiental, tanto melhor.

Este é o cenário de trabalho desenvolvido por professores da Fundação de Ensino Superior de Passos (Fesp), braço da Universidade do Estado de Minas Gerais (Uemg) no sudoeste mineiro. Os pesquisadores estudam o uso, como agregado do concreto na construção civil, do quartzito, pedra existente em abundância na região e cuja exploração gera o descarte de grande quantidade de rejeitos no ambiente. A proposta é conduzida pelos professores Eduardo Goulart Collares, diretor de pós-graduação, pesquisa e extensão da Fesp, e Ivan Francklin Junior, coordenador do curso de Engenharia Civil da instituição.

Minas Gerais é hoje o principal produtor de quartzito do país. Conhecido como "pedra mineira", "pedra São Tomé", "pedra Itacolomi", ou, simplesmente, "pedra de piscina", o material é muito usado, na construção civil, como revestimento. O processo de extração, entretanto, gera grande quantidade de rejeitos, mesmo nas minerações que exercem sua atividade de acordo com determinações explicitadas em relatório aprovado pelos órgãos ambientais. Para sua finalidade de acabamento, o quartzito deve ser extraído em placas com padrões de espessura e comprimento. Assim, todo o material retirado que não obedece aos parâmetros de comercialização é descartado nas pedreiras, ocasionando problemas para os empreendedores e impactos para o meio ambiente. Do total do material desmontado, cerca de 90% é considerado rejeito.

Foi a constatação dessa realidade que motivou o início dos trabalhos na Fesp. "Tive a oportunidade de visitar algumas pedreiras e pude perceber a quantidade

de material de desmonte que se destina ao 'bota-fora', lembra Collares. Diante disso, o professor sugeriu ao então graduando de Engenharia Civil Ivan Francklin Junior a realização de testes com o material, comparando-o com os agregados de concreto (brita) usuais na região. Os bons resultados acabaram originando outros trabalhos de iniciação científica, a dissertação de mestrado de Francklin Junior na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e seus atuais estudos de doutorado na Universidade de São Paulo (USP).

Feito para durar

O quartzito é uma rocha **metamórfica**, derivada, comumente, do arenito. Sua composição mineralógica básica é o quartzo, geralmente superior a 95%, além de micas (muscovita) e minerais acessórios. Apresenta foliação — planos paralelos, semelhantes a "folhas" — característica que permite a ele ser considerado bom material de revestimento na construção civil. O emprego como agregado do concreto, por sua vez, não é usual comercialmente.

Collares volta ao conceito popular para explicar o uso dos materiais agregados. "Quando se prepara o concreto para construir uma edificação, planeja-se que ele seja 'firme como uma rocha'. O agregado ou brita é constituído, simplesmente, por fragmentos de rocha e tem a função de exercer esse papel, como componente do concreto", detalha. O material é responsável por 60% a 80% do volume da mistura e pode exercer influência sobre a sua resistência mecânica, estabilidade dimensional e durabilidade. Quanto mais homogêneo, duro e resistente for o mineral, melhor seu aproveitamento como agregado. As rochas mais apropriadas para essa finalidade são, segundo o professor, as magmáticas e algumas metamórficas, como granito, granodiorito, diabásio e gnaiss.

Para avaliar a possibilidade de uso de um material como agregado, é preciso analisar uma série de características, ligadas ao resultado da mistura obtida quando produzido o concreto. Nesse caso, são avaliadas as propriedades do concreto nos estados fresco (fluido) e endurecido. Uma das mais relevantes é a resistência, em vá-

O QUE É...

Rocha metamórfica: derivada da transformação de rochas magmáticas ou sedimentares. Essa modificação de composição pode ocorrer quando o ambiente em que está inserida possui condições de pressão e temperatura diferentes daquelas onde originalmente se formou. Exemplos: Mármore, ardósia, quartzito, gnaiss e pedra-sabão.

Rocha sedimentar: constituída a partir de sedimentos — partículas de rocha, lama, matéria orgânica — que se acumulam em um local e, ao longo do tempo, sofrem compactação e se transformam em rocha. Exemplos: Arenito, calcário, conglomerado, dolomita e travertino.

Rocha magmática (ígnea): origina-se no interior da Terra, a partir da solidificação do magma. Constitui a base rochosa dos continentes, é muito resistente e está entre as mais antigas. Formam-se também quando ocorrem erupções vulcânicas. Exemplos: Granito, basalto, gabro, diorito e riólito.



Extração do quartzito para uso como pedra decorativa gera grande quantidade de rejeitos

rios aspectos: à compressão, à abrasão e ao impacto, dentre outras possibilidades. A forma também é importante, pois possibilita ter mais brita na relação agregado/cimento em um concreto e, assim, melhorar a solidez. Outro ponto importante é a alterabilidade (potencial de desagregação), já que o material estará exposto ao tempo e aos agentes intempéricos, como chuva, vento e grandes variações de temperatura.

Ao utilizar agregado que não apresenta bons índices com relação às propriedades mencionadas, perde-se em resistência — imediatamente ou no futuro — e, assim, o concreto não cumprirá o seu papel de “imitar a rocha”. Existem normas técnicas e recomendações para uso de materiais como agregado, considerando essas e outras características. Foi com base nesses padrões que a equipe de Collares e Francklin Junior analisou amostras de quartzito de várias minerações do sudoeste do estado. “O ideal é que os valores obtidos nos ensaios atinjam pelo menos os limites mínimos”, aponta o coordenador de curso.

Análise rigorosa

No primeiro momento, os pesquisadores visitaram 13 minerações de cinco cidades do sudoeste mineiro: Alpinópolis, Capitólio, São José da Barra, São João Batista do Glória e Guapé. Após exame preliminar, que envolveu verificação de aspectos litológicos e testes de resistência, foram escolhidas cinco minerações — uma em cada município — para estudo mais aprofundado. “A análise inicial nos possibilitou distinguir ao menos dois grupos litológicos de quartzitos, que passamos a



chamar tipo 1 e tipo 2. O primeiro, bastante foliado, já é usado como pedra de revestimento. O tipo 2, mais maciço, geralmente é desmontado e jogado no bota-fora, sem fins comerciais”, detalha Collares. Esse último constituiu, efetivamente, o objeto principal da pesquisa.

Em seguida, os engenheiros realizaram dois tipos de análises: no agregado do quartzito ocorrente nos bota-foras das cinco minerações selecionadas e nos concretos produzidos com estes agregados. Para realizar os testes, os pesquisadores observaram critérios de referência da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Na avaliação do agregado, foram aferidas propriedades físicas, como massa específica, porosidade e absorção de água, além de aspectos relacionados à forma e à alterabilidade — nesse caso, por meio da exposição a ciclos alternados de imersão em água e secagem em estufa. Também foi mensurado o quesito resistência, sob três aspectos: à abrasão, ao esmagamento e à compressão.

Para avaliação do comportamento do concreto no estado fresco e endurecido, a equipe observou características relacionadas à trabalhabilidade; à resistência — aqui, quanto a compressão, tração, módulos estáticos de elasticidade e de deformação — e à reação álcali-agregado. Essa última diz respeito aos efeitos químicos que envolvem os hidróxidos alcalinos provenientes, principalmente, do cimento e de minerais reativos presentes no agregado usado na mistura. Como consequência, podem se formar produtos que, na presença de umidade, são capazes de se expandir



Testes do concreto obtido em estado endurecido...



e fresco apresentaram bons resultados

Foto: Rozem Caires



Material acumulado nos bota-foras modifica a paisagem das regiões mineradoras

dir, gerando fissurações e deslocamentos e comprometendo as estruturas de concreto.

Aprovado pela ciência

Os resultados de caracterização dos agregados de quartzito, de maneira geral, foram bastante satisfatórios em comparação à brita convencional, aos índices apresentados por modelos acadêmicos de referência e aos parâmetros estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). "Os ensaios realizados com as amostras dos bota-foras apontaram que elas atendem às recomendações para uso como agregado, classificando-se com nível 'bom' ou 'excelente' nos critérios verificados", conta Francklin Júnior.

Nenhuma das amostras manifestou presença de minerais expansivos e não houve degradação no ciclo água-estufa. Quanto à reatividade álcali-agregado, verificou-se alguma potencialidade de reação com determinados tipos de cimentos, mas sem que isso representasse impeditivo para uso

do material. "Neste caso, recomendam-se métodos preventivos, como a impermeabilização da estrutura e o uso de cimentos com baixo teor de álcalis e com adições", explica o professor Francklin. Ele ressalta que estudos aprofundados, a partir de outros métodos de avaliação, devem ser realizados para conclusão quanto a esse aspecto.

A coesão, a consistência e a homogeneidade dos concretos no estado fresco foram bem avaliadas. Os pesquisadores também identificaram o tipo ideal de britador a ser utilizado para obter grãos regulares, essenciais para produção de concretos de alta compacidade, comprovando a eficácia dos agregados de quartzito, quando processados em equipamento apropriado.

Concretizando possibilidades

Na continuidade da pesquisa, os engenheiros trabalharão aspectos mais específicos, principalmente no que diz respeito às possíveis reações do agregado com o cimento. Com o aprofundamento dos es-

tudos e o apoio de instituições que contribuem para a movimentação da economia regional, a comercialização do mineral pode tornar-se economicamente viável e, com isto, contribuir para solucionar problemas sociais, econômicos e ambientais que atingem o setor minerário do Sudoeste de Minas Gerais, em especial no que se refere aos quartzitos.

Os pesquisadores visualizam os benefícios provenientes do uso comercial do quartzito como agregado. Com o tempo, o descarte do material causa problemas como desconfiguração da paisagem, alterações no relevo, assoreamento dos corpos d'água, destruição da vegetação nativa. Assim, do ponto de vista ambiental, o uso alternativo do mineral contribuiria para reduzir os impactos ambientais negativos. "No que diz respeito ao aspecto econômico, o mercado passaria a oferecer um novo tipo rochoso para uso na construção civil, com custo mais baixo, uma vez que não demandaria os encargos necessários para a abertura de uma nova jazida", antevê Francklin Júnior, para quem o novo foco poderia, até mesmo, revigorar as minerações, gerando novos postos de emprego e resgatando outros.

Para que essas mudanças se concretizem, Collares defende a necessidade de mobilização social e política, além do acesso dos mineradores a oportunidades de realizar estudos específicos de seus materiais. "Uma de nossas propostas é criar, na Fesp, um centro tecnológico de pesquisas em materiais rochosos para construção civil. Assim, poderemos analisar e validar os produtos de cada mineração", adianta. Os pesquisadores acreditam que pode ser esse o caminho para a certificação do material e seu consequente uso comercial, com toda a segurança exigida pelo mercado.

PROJETO: Estudo da viabilidade de uso de rejeitos de minerações de quartzitos do sudoeste mineiro como agregado no concreto
COORDENADOR: Eduardo Goulart Collares
MODALIDADE: Demanda Universal
VALOR: R\$ 49.442,62

TEXTO E

Sentinelas do clima

Pesquisa da Unifei reúne profissionais de diversos campos do conhecimento em investigação sobre os efeitos da incidência da radiação UV no Brasil e na América do Sul

William Ferraz

Desde os primórdios da história, percebe-se o especial deslumbramento do ser humano pelo Sol. A fulgente imponência do Astro Rei fez dele objeto de investigação e veneração em várias civilizações — muitas das quais lhe atribuíram a aura de entidade sobrenatural. A evolução do conhecimento e o desenvolvimento da ciência e da tecnologia permitiram estudos cada vez mais minuciosos sobre a grande estrela. Hoje, compreende-se que a atividade solar é indispensável à Terra. Dentre os diversos fenômenos a afetar a vida no planeta, a emissão da radiação ultravioleta é um dos que mais se evidenciam, pelo paradoxo acerca de seus efeitos: se, por um lado, tais emissões são essenciais à manutenção da vida, por outro, o excesso de exposição às radiações pode se revelar altamente nocivo à saúde humana.

As regiões terrestres de baixa latitude — próximas à Linha do Equador — são as mais expostas à incidência da radiação ultra-

violeta, cujos efeitos têm implicações na qualidade de vida da população, além de interferir nas atividades socioeconômicas, a exemplo da agricultura e da pesca. Quase todo o território brasileiro está sujeito à grande incidência de radiação UV. Logo, o desenvolvimento de estudos neste campo é de extrema relevância para a economia e a saúde da população.

Essa foi a força motriz a estimular a criação da linha de pesquisas interdisciplinares desenvolvida por equipe de especialistas da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), que, sob a coordenação do professor Marcelo de Paula Corrêa, dedica-se a investigar o fenômeno da radiação e seus efeitos. Segundo Corrêa, "os impactos da radiação UV na comunidade brasileira são muito grandes. No Brasil, o câncer de pele corresponde a cerca de 25% dos casos diagnosticados no país, e essa radiação proveniente do Sol é o maior agente causador", ressalta. Isso sem considerar os casos de tumores não melanômicos, tratados

sem a intervenção de clínicos especialistas e que não integram as estatísticas.

O professor aponta, ainda, que, nas últimas décadas, o hábito brasileiro de cultivar o "bronzinho" do corpo tem conduzido os indivíduos a exposições cada vez mais excessivas ao Sol, o que resulta em crescente problema de saúde. "A incidência de radiação UV praticamente não variou nas últimas décadas, mas os casos de tumores cresceram vertiginosamente. O que mudou foram os hábitos da população. Um trabalho de conscientização precisava ser elaborado", defende Corrêa.

Manhãs e mormaços

Os estudos iniciaram-se em 1999, ainda durante o período do doutorado de Marcelo Corrêa na Universidade de São Paulo (USP). "Em princípio, as pesquisas voltavam-se ao aprimoramento de técnicas para Modelagem de Transferência de Radiação, que consistiam em analisar a composição física da atmosfera e sua influência sobre os efeitos da radiação UV", explica. Em seguida, o estudo foi desenvolvido em associação com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), processo que conferiu alto grau de excelência à investigação, devido à *expertise* do Inpe no campo dos fenômenos atmosféricos.

As investigações realizadas nesta fase possibilitaram reunir dados consistentes sobre a dinâmica da radiação UV em regiões tropicais. O professor relata que "os resultados mais recentes permitem desmistificar muitos paradigmas, como o de que o período nocivo de exposição ao Sol é compreendido entre 10 e 16 horas. Medições realizadas às 9h, no Nordeste brasileiro, apresentaram índices de radiação até 50 vezes superior ao considerado recomendável pela Organização Mundial da Saúde". As pesquisas demonstraram que, em Itajubá e São Paulo, onde medidas também foram realizadas, ao meio-dia, os índices de radiação UV no verão podem

ser superiores àqueles observados no Nordeste. De acordo com Corrêa, essa variação se dá por questões geográficas. "Nas regiões tropicais, o conteúdo total do gás ozônio presente na atmosfera é naturalmente menor e esse gás é o responsável pela absorção da maior parte da radiação UV. Além disso, essa é a região com a maior disponibilidade de incidência devido à posição do Sol. Esses fenômenos promovem uma maior penetração de radiação na superfície terrestre".

Outra significativa constatação da pesquisa diz respeito aos efeitos produzidos pela presença de nebulosidade (formação de nuvens) e de aerossóis atmosféricos (dispersão de partículas no ar). Segundo o professor, as consequências são variáveis: nuvens e partículas atmosféricas podem tanto reduzir a intensidade da radiação como espalhá-la, tornando-a temporariamente mais intensa. "Geralmente, as pessoas atribuem a presença da radiação UV a dias luminosos, o que é um mito. Mesmo em dias nublados, a pessoa pode sofrer queimaduras pela radiação. É o que, erroneamente, muitas pessoas atribuem ao fenômeno do mormaço", explica.

Trabalho interdisciplinar

Anos depois do doutorado, Corrêa passou a integrar o corpo docente da Unifei. Nesse período, com aporte financeiro da FAPEMIG, as pesquisas puderam prosseguir. A partir daí, implementou-se um projeto mais abrangente: os "Estudos interdisciplinares sobre os efeitos da Radiação Ultravioleta", linha de pesquisas que reuniu profissionais das mais diversas áreas para tratar da questão dos impactos da radiação UV nos trópicos. "O objetivo do projeto era agregar conhecimentos e criar soluções conjuntas. Médicos, economistas e meteorologistas, por exemplo,

MAS QUE RADIAÇÃO É ESSA?

A radiação solar UV caracteriza-se por ondas eletromagnéticas de comprimento situado entre 280 e 400 nanômetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Ela se subdivide em três categorias: radiação ultravioleta A (UVA, com 315 a 400 nm), B (UVB, 280 a 315 nm) e C (UVC, 200 a 280 nm). O ozônio filtra grande parte da radiação que atravessa a atmosfera da Terra, promovendo absorção total da radiação UVC – tornando seus efeitos desprezíveis – e quase 90% da radiação UVB, fazendo com que os níveis de incidência em superfície sejam muito pequenos, mas suficientes para promover uma série de efeitos fotobiológicos e fotoquímicos significativos. A radiação UVA sofre pouca absorção pelo ozônio e representa a maior parte da radiação UV a atingir a superfície.

A radiação tipo UVC tornaria inviável a vida na Terra, caso atingisse a superfície, uma vez que, em função de sua alta frequência, possui ação germicida e mutagênica. Geralmen-

te, ela é utilizada, em sua forma artificial, para esterilização de água e de materiais cirúrgicos. Já a radiação UVB conta com ação tanto benéfica quanto nociva. Por um lado, é fundamental para a manutenção da vida. Nos seres humanos, permite a formação da vitamina D pela pele, que combate o raquitismo, a osteoporose e outras enfermidades. No território brasileiro, alguns poucos minutos de exposição ao Sol garantem tais efeitos. Por outro lado, quando em excesso, a radiação UVB pode causar queimaduras graves, fotoalergias e, em longo prazo, diversos tipos de câncer de pele.

Por fim, a radiação UVA, que, há décadas, foi amplamente difundida como benéfica – além de ser usada em câmaras de bronzeamento artificial –, é atualmente reconhecida como responsável pelo envelhecimento precoce e, em grandes quantidades, como precursora dos tumores de pele.

poderiam reunir dados para desenvolver medidas preventivas contra os efeitos das radiações UV sobre a saúde humana", esclarece Corrêa.

O projeto alcançou novo patamar qualitativo quando, por meio de parcerias e trabalhos em cooperação, estabeleceu-se uma rede de monitoramento em contato com outras universidades do país. "Assim, expandimos nossa base de dados e passamos a contar com especialistas monitorando a atmosfera em todo o Brasil, o que nos possibilitou estabelecer análises comparativas muito mais precisas", comenta. Os estudos concentram-se, principalmente, nas regiões Sudeste e Nordeste, áreas de grande incidência de radiação UV. "Geralmente, a população brasileira atribui a exposição nociva ao Sol a áreas litorâneas e ao Nordeste. Contudo, o interior e o Sul do país também sofrem com elevados níveis de radiação".

Reconhecimento global

Os avanços inéditos alcançados pelas pesquisas também foram beneficiados pela criação do curso de Ciências Atmosféricas, implementado à grade de ensino da Unifei em 2010. Trata-se do primeiro curso de graduação do gênero no estado de Minas Gerais, o que permite grande aprofundamento dos estudos sobre a radiação UV e de seu comportamento no Brasil e América do Sul. "As pesquisas desenvolvidas nas Ciências Atmosféricas relacionam-se a áreas bastante abrangentes. Os estudos envolvem previsões de tempo e clima, desastres naturais, métodos de proteção de safras agrícolas contra alterações climáticas, saúde populacional, poluição etc.", descreve Corrêa. "Por meio de colaboração e acesso aos dados do Inpe

Estudos recentes demonstram que os índices de incidência dos raios UV em Minas Gerais alcançaram, em diversas oportunidades, níveis considerados como extremos pela OMS nos últimos meses.

e de outras instituições espalhadas por diversos pontos do continente sul-americano, nossos estudos conquistaram posição de vanguarda no país, alcançando reconhecimento global", completa.

A convergência de diferentes campos do saber numa só linha de estudos permite o aperfeiçoamento de tecnologias imprescindíveis às Ciências Atmosféricas, tais como as previsões de tempo e clima, o que incluem a previsão da incidência da radiação UV. "A evolução e o aperfeiçoamento desses estudos vêm possibilitando melhorias significativas na previsão e prevenção", conta o coordenador.

Outro projeto pioneiro da equipe de pesquisadores da Unifei foi o plano para conscientização de crianças e adolescentes quanto aos malefícios da exposição inadequada à radiação UV. A iniciativa consiste em treinamento específico, para que professores dos ensinos médio e fundamental incorporem às suas disciplinas estratégias educativas capazes de orientar os jovens. "Desse modo, fornecemos subsídios para que os professores possam abordar o problema a partir de suas disciplinas. Matemáticos e físicos demonstram, por meio de equações, a dinâmica da radiação UV na atmosfera. Biólogos abordam as reações no organismo humano, geógrafos demonstram os índices do fenômeno por região, e assim por diante". Corrêa explica que o objetivo é fazer com que os jovens

conheçam melhor os efeitos do fenômeno – principalmente, pelo fato de ainda estarem em processo de formação física.

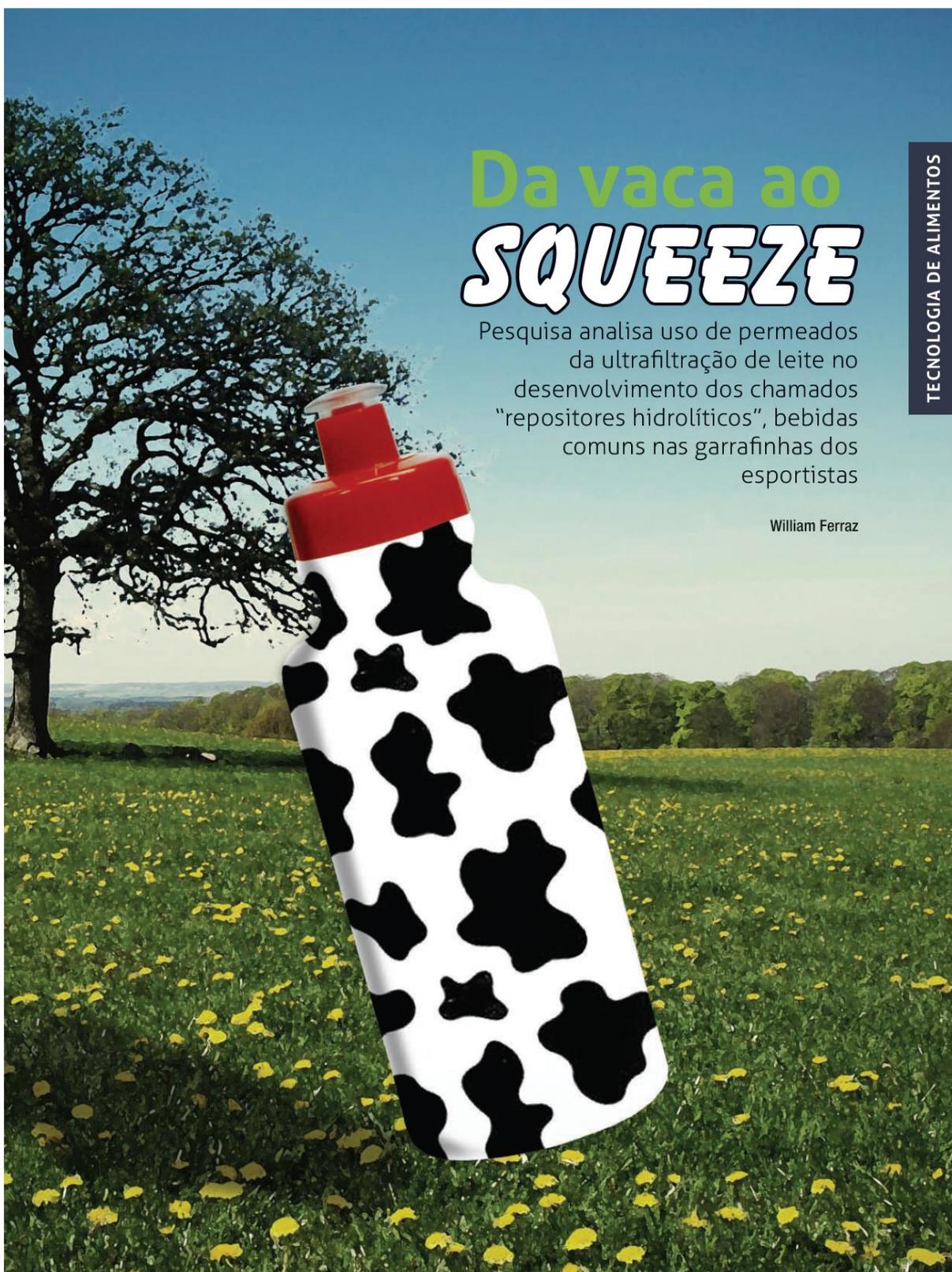
Novas pesquisas

Atualmente, Corrêa encontra-se na França, onde desenvolve pesquisas em parceria com o Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (Latmos), instituto especializado em estudos atmosféricos e astronômicos, incluindo afas mudanças climáticas e a radiação UV. Segundo o professor, esses eventos podem se correlacionar, porém, ao contrário do que prega o senso comum, pesquisas demonstram que os dois eventos têm natureza distinta. "Não existem estudos a indicar que as mudanças climáticas de origem geofísica tenham como causa ou consequência a intensificação da incidência da radiação UV. Pelo contrário, o desenvolvimento de gases do efeito estufa inclui a produção de ozônio e de seus precursores". Segundo Corrêa, com maior quantidade de ozônio, a tendência é que haja diminuição dos fluxos de radiação UV. Porém, tal redução não será muito significativa, principalmente, sobre a região próxima à Linha do Equador.

Neste cenário, qual seria, afinal, a melhor maneira de a população se proteger? O pesquisador da Unifei é categórico na resposta: apesar de todos os avanços científicos no campo das radiações ultravioletas, o método defensivo mais eficiente ainda é a prevenção, por meio do uso de proteção adequada: filtro solar, chapéu, roupa, óculos de sol. "O indivíduo sempre deve se manter atento à exposição aos raios solares. Além disso, é preciso lembrar que, mesmo em dias nublados, também podem ocorrer danos à saúde".

PROJETO: Estudos Interdisciplinares sobre a radiação solar ultravioleta
COORDENADOR: Marcelo de Paula Corrêa
MODALIDADE: Programa Pesquisador Mineiro
VALOR: R\$ 48.000

TEXTO F



Da vaca ao **SQUEEZE**

Pesquisa analisa uso de permeados da ultrafiltração de leite no desenvolvimento dos chamados "repositores hidrolíticos", bebidas comuns nas garrafinhas dos esportistas

William Ferraz

Qualidade de vida e sustentabilidade são alguns dos temas de maior debate no mundo contemporâneo. Entre os brasileiros, as preocupações características da “geração saúde” parecem também mais evidentes. Que o diga a disseminação de “ideias verdes” e hábitos saudáveis, importantes por promover verdadeira revolução nos cardápios, perfis de consumo, cenários urbanos e estilo de comportamento da nação. O leitor conseguiria imaginar uma linha de pesquisa capaz de agregar, num só produto – no caso, derivado do leite –, tantos conceitos e expectativas? Eis o desafio a que se lançou um grupo de pesquisadores do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O projeto apresenta dualidade de propostas: propiciar o proveito integral do leite usado na produção de queijo e minimizar, em consequência, os impactos ambientais gerados pelo descarte dos resíduos orgânicos resultantes do processo, conforme explica a coordenadora da iniciativa e doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Edimar Aparecida Filomeno Fontes: “Ao final da fabricação do queijo, restam compostos de alto valor biológico no soro de leite. Mesmo com aplicação prática desse co-produto da indústria de laticínio, grande parte desse material acaba despejado em redes de saneamento, e, por ser rico em matéria orgânica, é cerca de 20 vezes mais poluente do que o esgoto doméstico”, explica.

A produção do queijo consiste na separação dos componentes lácteos, processo que dá origem a dois distintos derivados: o coalho – porção sólida usada durante a fabricação de queijo – e o soro,

líquido que detém mais da metade dos nutrientes do leite, representados por proteínas, sais, vitaminas, lactose e enzimas. Há algumas décadas, tudo era descartado, por indisponibilidade de recursos tecnológicos para aproveitamento dos componentes, o que gerava grande disparidade entre produto e rejeito. “Em média, seis litros de leite produzem um quilo de queijo. O material restante acabava eliminado, gerando enorme volume de detritos orgânicos”, explica a coordenadora.

Avanços científicos na indústria dos laticínios possibilitaram o uso e a aplicação de técnicas especiais de filtragem do leite, processo conhecido como ultrafiltração. Por meio de tal técnica, membranas sintéticas de escalas microscópicas atuam como barreira seletiva de materiais, que acabam retidos conforme tamanho, volume etc. Por ultrafiltração, são retidas as moléculas de proteína restantes no líquido, formando o retentado. “Esse procedimento tornou possível o isolamento das proteínas do leite e, também, do soro, abrindo portas para uma gama de aplicações na indústria alimentícia, seja no enriquecimento do valor proteico de alimentos ou no uso, como base, de produtos para suplementação alimentar”, esclarece Edimar Fontes, ao lembrar, porém, que significativa parcela dos chamados “permeados” do líquido –

Além da criadora do projeto, os estudos envolvem Antônio Fernandes de Carvalho, mestre em Ciências Alimentares, Paulo Cesar Stringheta, doutor em Tecnologia de alimentos na área de corantes naturais, e Rachel Campos Sabioni, estudante de iniciação científica em Engenharia de Alimentos.

rica em lactose, sais minerais e vitaminas hidrossolúveis, com destaque para as riboflavinas, pertencentes ao complexo B – não encontra, ainda hoje, destinação adequada. “Sem reutilização, seu destino final ainda são as redes fluviais sanitárias”, conclui.

Segundo a coordenadora, esse foi o ponto do qual partiram suas investigações: ao perceber o paradoxo entre o proveitoso valor nutricional dos derivados do leite e seu potencial de degradação ao meio ambiente, Edimar visualizou certa solução prática para o problema. A resposta estava, exatamente, na composição dos “permeados”, que, naturalmente, reúnem todos os nutrientes a compor as bebidas hidrolíticas e com potencial na elaboração de isotônicos, largamente usados por praticantes de atividades físicas e, às vezes, prescritos para o tratamento de casos de desidratação, principalmente, em crianças. “A aplicação do permeado como base para formulação de isotônicos é um método eficaz e econômico, pois praticamente dispensa o processo de formulação química da bebida, uma vez que os permeados contêm componentes naturais e nutritivos do leite”, explica.

Cores e aromas

Os primeiros testes foram realizados em 2008, quando Edimar Fontes lecionava no Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Pomba. O experimento inicial buscava apenas a elaboração de bebida à base de permeado. Já à época, os resultados demonstravam que o conceito seria aplicável. Hoje, os estudos progrediram a uma etapa multidisciplinar. “Verificamos que a osmolaridade [*quantidade de partículas dissolvidas em um solvente*]

apresentada pelo produto poderia ser aplicável na formulação de bebidas com características isotônicas. No momento, estudamos a utilização de corantes a partir de fontes naturais, conferindo características de cor à bebida”, conta.

Os permeados possuem, naturalmente, certa coloração esverdeada, devido à alta concentração de vitaminas do complexo B – em especial, as riboflavinas (também conhecidas como *lactoflavinas* ou vitaminas B2), importantes para a saúde das mucosas, da pele e dos cabelos. “Com referência na coloração adquirida, que se assemelha a bebidas de derivação cítrica, aplicamos aroma de limão ao produto, atribuindo sensação gustativa a seu aspecto visual”, esclarece a pesquisadora.

A aplicação mercadológica do produto, entretanto, deu razão a uma nova linha de pesquisas. “O comprador não tem interesse de consumir, em larga escala, um produto comercializado apenas em um sabor. Por isso, iniciamos os testes para dar outras cores e aromas à bebida. Já que se trata de artigo diretamente ligado à área de esportes, pensamos em aplicar corantes plenamente naturais”, comenta Rachel Sabioni, estudante de Iniciação Científica em Engenharia de Alimentos e integrante das pesquisas. “No

momento, conduzimos experimentos para dar à bebida certa tonalidade vermelha. Para tanto, usamos como base o açai, fruta rica em antocianina, substância que carrega grandes quantidades de pigmentos dessa cor”, completa Edimar.

Muitos outros estudos, contudo, serão necessários. A ausência de conservantes artificiais, por exemplo, faz com que, ao longo do tempo, o produto ainda apresente perda de coloração, em exposição à temperatura ambiente. O desafio é oferecer ao produto a mesma sobrevida de um corante artificial, sem que haja necessidade de substâncias sintéticas. “O produto recebe apenas a adição de conservante químico na fórmula, com a finalidade de inibir o desenvolvimento de fungos e microrganismos”, relata a coordenadora do projeto.

A pesquisa também revela que o uso de corantes de origem natural pode ampliar os benefícios oferecidos pela bebida. Segundo os especialistas, o corante extraído do açai apresentou propriedades antioxidantes na fase *in vitro*. Apesar do estágio avançado dos estudos, Edimar Fontes afirma que esportistas de plantão precisarão aguardar um bom tempo para provar esta nova e promissora bebida: “A aplicabilidade segura do produto ainda requer uma série de análises e estudos”.

PROJETO: Elaboração de bebida isotônica à base de permeado obtido pela ultrafiltração do soro de leite
COORDENADORA: Edimar Aparecida Filomeno Fontes
MODALIDADE: Demanda Universal
VALOR: R\$ 14.794,00



TEXTO G

Vacinas atenuadas

SAÚDE



Pesquisadores do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear usam radiação para combater infecções fúngicas de importância médica

Vanessa Fagundes

Em maio de 2013, o Instituto de Pesquisa Clínica Evandro Chagas (Ipec), unidade da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), divulgou um alerta: nos últimos 15 anos, quatro mil pessoas haviam contraído, no Estado do Rio de Janeiro, a esporotricose. A doença, transmitida pelo fungo *Sporothrix schenckii*, costumava ser associada a jardineiros, agricultores e outros profissionais que trabalhavam manipulando flores e terra. Hoje, o perfil é diferente. A ocorrência da enfermidade em animais, especialmente gatos, e sua transmissão para humanos por meio de arranhões e mordidas assumiram proporções endêmicas.

O problema não se restringe ao Rio. Na verdade, essa é a micose subcutânea mais comum na América Latina. Nos **gatos doentes**, as manifestações clínicas da esporotricose revelam-se variadas: lesões na pele, que costumam evoluir rapidamente, e espirros frequentes são os sinais mais comuns. Nos humanos, as lesões costumam ser restritas à pele, tecido subcutâneo e vasos linfáticos adjacentes, mas, em algumas ocasiões, podem disseminar-se a outros órgãos. As lesões na pele começam como um pequeno caroço avermelhado que, com o tempo, transforma-se em ferida. A doença tem tratamento que dura, em média, três meses, mas as feridas aparentes costumam provocar danos à autoestima dos pacientes.

Em Minas Gerais, um grupo de pesquisadores do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), órgão da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEM), está estudando formas de combater a doença. O foco dos trabalhos é o desenvolvimento de vacina capaz de imunizar cães e gatos contra a esporotricose, interrompendo, assim, a transmissão para humanos. O coordenador da pesquisa, Antero Silva Ribeiro de Andrade, enfatiza: até o momento, não existe vacina em uso para a doença ou para qualquer infecção fúngica de importância médica. Ele explica que a resposta imune a um organismo complexo como o fungo exige a ação coordenada de várias partes do sistema de defesa do organismo e uma vacina viva seria capaz de produzir este efeito. "Estamos explorando

Caso o gato esteja com suspeita da doença, recomenda-se isolá-lo de outros animais, usar luvas e lavar as mãos com água e sabão após tocá-lo, desinfetar o ambiente com água sanitária ou cloro e evitar que ele tenha acesso à rua. É importante procurar um médico veterinário, pois a doença tem tratamento. Ele é prolongado e exige cuidados especiais pelo dono, para não contrair a enfermidade.

um campo com grande potencial. Nossa abordagem é usar a radiação para atenuar os fungos e conseguir produzir uma vacina eficaz", disse.

Normalmente associada a efeitos negativos ao organismo e ao meio ambiente, a radiação, nesse caso, é uma aliada. Para produzir a vacina, os pesquisadores utilizam doses controladas de radiação gama, que produzem o efeito de fragmentar o DNA das células do fungo. Após ter seu DNA fragmentado, a célula não consegue mais se reproduzir. "Ela perde a capacidade reprodutiva e a virulência, mas continua metabolicamente ativa e capaz de induzir uma resposta imune. A gente considera, então, que o fungo está atenuado", detalha Andrade. Sem a virulência, o fungo, ao infectar o organismo, estimula o sistema imunológico, mas não consegue mais provocar uma infecção progressiva.

De acordo com o pesquisador, o primeiro passo é a realização de testes para definir a dose de radiação ideal. Cultivadas em placas, as colônias do fungo eram bombardeadas com radiação gama. Após cada dose, realizavam-se testes para checar se os fungos conseguiam se multiplicar, continuavam a sintetizar proteínas, se conservavam a respiração celular, se a membrana permanecia íntegra, enfim, se estavam vivos, apesar da incapacidade de crescimento. A síntese de proteínas era verificada com o fornecimento de um aminoácido radioativo às células. Após 24 horas, os pesquisadores conferiam se as proteínas produzidas continham elementos radioativos, já que os aminoácidos são a base dessas moléculas orgânicas.

O trabalho teve resultado positivo e originou uma dissertação de mestrado, de autoria de Camila Maria de Sousa Lacerda, que demonstrou a dose ideal de radiação para comprometer a capacidade de reprodução e a virulência do agente infeccioso, mantendo sua viabilidade. Segundo Andrade, o próximo passo é o desenvolvimento da vacina radioatenuada, com testes em animais para comprovar sua viabilidade. A princípio, a vacina é destinada a uso veterinário, mas nada impede que, no futuro, sejam realizados estudos destinados à profilaxia em humanos. "Para isso, dependemos do interesse de uma empresa, já que o volume de recursos envolvido é maior", lembra o coordenador.

Vacinas

A produção de vacinas é um processo longo e demorado: envolve o estudo da doença e do patógeno que a provoca, testes em animais e humanos, aprovação de agências reguladoras e produção em grande escala, para só então chegar à população. Existem vários caminhos para se chegar a uma vacina, mas o princípio por trás deles é o mesmo: uma pessoa contaminada por uma doença fica imune a ela. As vacinas contêm, assim, traços do agente causador da doença, que não conseguem provocar a infecção, mas estimulam o sistema imunológico a produzir anticorpos. Assim, quando exposto novamente ao patógeno, o corpo reconhece a doença e a combate.

No caso da vacina proposta pelo grupo do CDTN, as células do fungo que provocam as infecções ainda estão vivas, mas perderam a capacidade de reproduzir e prejudicar o organismo (ela foi atenuada pela radiação). Outra vacina famosa, a BCG, que imuniza contra a tuberculose, também utiliza a forma atenuada da bactéria *Mycobacterium bovis*. A atenuação, porém, não é resultado de doses de radiação, e sim da manipulação em laboratório. Existem, ainda, vacinas de vírus ou bactérias inativados, como a da hepatite A e B.

Primeiros trabalhos

O pesquisador Antero Andrade atua em uma linha de pesquisa do CDTN que investiga as aplicações da radiação na área da saúde. O trabalho com infecções fúngicas de importância médica teve início há mais tempo, com outra micose de grande prevalência no Brasil: a paracoccidiodomicose, ou PCM, provocada pelo fungo *Paracoccidioides brasiliensis*. O país é responsável por cerca de 80% dos casos da doença já reportados mundialmente e essa é a oitava endemia mais frequente no país.

Similar à esporotricose, os mais suscetíveis à PCM são profissionais que trabalham com a manipulação de terra, como agricultores, pois o fungo vive no solo das plantações. Ao trabalhar na lavoura, o homem pode aspirar o fungo junto à poeira. Assim, durante algum tempo, a infecção estava praticamente restrita a áreas rurais. No entanto, as zonas urbanas vêm sendo cada vez mais atingidas. Entre os sintomas da doença estão lesões na pele, nas mucosas, emagrecimento e fraqueza, tosse e comprometimento pulmonar. Na ausência de tratamento, a PCM é geralmente mortal.

A metodologia para obtenção de fungos atenuados foi a mesma usada no estudo da esporotricose: doses de radiação até encontrar a quantidade ideal que impede o crescimento, mas preserva o metabolismo e permitindo ativar o sistema imunológico do organismo. No caso da PCM, os estudos foram além. Produziu-se uma vacina a partir dos fungos atenuados e essa foi testada em camundongos, comprovando sua eficácia. Com isso, o grupo conseguiu atestar o potencial da atenuação por radiação gama para o desenvolvimento de vacinas vivas contra doenças provocadas por fungos. "Vacinas baseadas em patógenos atenuados por radiação têm sido estudadas desde 1950. Porém, a utilização de fungos radioatenuados nunca havia sido explorada para este propósito", destaca Andrade.

Esse trabalho contou com a parceria do professor Alfredo Miranda Góes, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que já estudava a paracoccidiodomicose, e da então estudante de doutorado Estefânia Mara do Nascimento Martins. Além de

Antero Andrade, o grupo possui dois estudantes de mestrado e um de doutorado. O estudo, que rendeu uma patente ao grupo, foi desenvolvido até a fase de testes com camundongos – a produção de uma vacina para uso humano também depende de parceria com empresa interessada em investir no projeto. Segundo o coordenador, o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) da instituição cuida dessa parte, buscando a transferência da tecnologia para a indústria.

Enquanto isso, novos estudos são feitos. O grupo avaliou, por exemplo, o efeito terapêutico da vacina para a PCM em grupos de camundongos. Como aponta Andrade, a vacina é um instrumento profilático, ou seja, imuniza o organismo contra infecção futura. Mas os pesquisadores perceberam que, quando a pessoa já está infectada e toma a vacina junto ao medicamento, o resultado é muito melhor. Os mais recentes artigos da equipe mostram que a associação da vacina com as drogas antifúngicas provocam recuperação mais rápida do que as drogas ou a vacina isoladamente. Ou seja, mais uma possibilidade a ser explorada no combate à enfermidade.



Para saber mais

BARROS, M. et al. "Esporitricose: a evolução e os desafios de uma epidemia". Revista Panamericana de Salud Publica 27(6), 2010.

LACERDA, C. "Efeitos da radiação gama em leveduras de *Sporothrix schenckii*". Dissertação de mestrado. Belo Horizonte, 2010.

Cartilha "Paracoccidiodomicose não é palavrão e tem cura!", desenvolvida pelo Ipec/Fiocruz, disponível em: http://www5.ensp.fiocruz.br/biblioteca/dados/txt_331040956.pdf.

PESQUISA: Desenvolvimento de vacinas radioatenuadas para doenças fúngicas

COORDENADOR: Antero Silva Ribeiro de Andrade

MODALIDADE: Edital Universal

VALOR: R\$ 31.513,65

TEXTO H

IMUNOLOGIA

Bactérias pró-saúde

Pesquisadores comprovam ação de probióticos no combate a doenças degenerativas e inflamatórias

Virgínia Fonseca*

*Colaborou Vanessa Fagundes

Sabe-se que o intestino humano divide-se em duas porções: delgado e grosso. Responsável por etapas importantes do processo digestivo, a primeira parte mede cerca de quatro metros de comprimento e se acomoda, enovelada, no abdômen. Já o intestino grosso, que mede mais ou menos um metro e meio, processa, especialmente, a absorção da água e do sódio. Na totalidade, são quase seis metros de comprimento, que fazem do órgão um dos maiores do corpo humano. E, também, o local onde temos o maior número de bactérias. Nessa microbiota, pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) prospectam a chave para o tratamento de doenças inflamatórias crônicas.

Atualmente, as enfermidades mais prevalentes no mundo são aquelas de origem inflamatória crônica, que abrangem tanto alergias quanto doenças autoimunes (veja box abaixo) e degenerativas, explica a coordenadora do estudo, professora Ana Maria Caetano Faria, do Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UFMG). Os países em desenvolvimento, especialmente, têm apresentado aumento nas ocorrências – descrito, pela pesquisadora, como “preocupante”. O rol inclui diabetes tipo 1, esclerose múltipla, doença de Crohn, colite, aterosclerose, asma, entre outras, que se tornaram grande causa de morbidade em nações como Brasil, China e Índia.

As opções terapêuticas atuais, focadas em imunossuppressores e imuno-

terapia, são restritas e provocam sérios efeitos colaterais. Já em casos como a aterosclerose e a obesidade, adotam-se as restrições dietéticas. Nas doenças em questão, a necessidade de lidar com o problema da inflamação mostra-se crucial. “O fato é que não podemos prescindir da inflamação, pois ela é importante em aspectos como cicatrização, embriogênese e proteção anti-infecciosa. Precisamos da reatividade imunológica inflamatória”, explica Ana Faria. Porém, se a inflamação torna-se crônico e persistente, leva a dano tecidual.

O grupo de pesquisadores aposta no pressuposto de que, para lidar com o fenômeno da infecção, o melhor caminho é estudar o que o corpo já faz. Inflamações consideradas benéficas, como as mencionadas anteriormente, são reguladas pelo organismo – a morbidade da doença reside na falta de imunorregulação. “Como pesquisadores da área, nossa meta é aprender com a natureza e ver as formas de resgatar a regulação perdida nos casos crônicos”,

Os imunossuppressores são substâncias que reduzem as reações imunológicas do organismo de forma global. Já as terapias imunorreguladoras são formas de se gerar células reguladoras específicas para determinados antígenos.

Inimigo íntimo

Enfermidades autoimunes são causadas por distúrbios na tolerância imunológica aos autocomponentes. A esclerose múltipla (MS) é uma das que tem apresentando grande incidência no Brasil: recente estimativa dos registros em São Paulo e Belo Horizonte supera o número absoluto de vários países europeus. Trata-se de doença autoimune inflamatória desmielinizante do sistema nervoso central (SNC), que possui, como alvos, os neurônios. Em função de as células não se regenerarem, ocorrem perdas permanentes às funções neurológicas.

Na esclerose múltipla, a ação inflamatória de linfócitos T auto-reativos incide contra a bainha de mielina – camada de proteína e lipídeos que envolve as células nervosas e atua como isolamento elétrico, de forma a aumentar a velocidade de propagação do impulso ao longo dos axônios. Atualmente, o tratamento restringe-se ao uso de imunossuppressores que, além do alto custo, apresentam efeitos colaterais graves. Certos agentes imunomoduladores têm sido testados, embora sem eficácia nas formas graves. Outro problema no tratamento é a impossibilidade de se administrar essa última terapia em situações como gestação, lactação, depressão, insuficiência cardíaca e hepática.

diz Ana Faria. O estudo investiga, então, o uso de probiótico já existente na natureza – o *Lactococcus lactis* – modificado para a produção de proteína de choque térmico HSP65 (que é similar àquelas produzidas pelo nosso organismo) como alternativa complementar, com a vantagem de não apresentar efeitos colaterais. "Probióticos são organismos vivos, como bactérias, leveduras e fungos, que têm efeito benéfico à saúde do hospedeiro", esclarece. Intitulado "Administração oral de probiótico como alternativa terapêutica imunomoduladora para a esclerose múltipla experimental", o projeto conta com apoio da FAPEMIG.

Conexão segura

Quando os cientistas iniciaram os estudos acerca de agentes capazes de auxiliar no processo escolhido, os holótopos voltaram-se ao intestino, sítio privilegiado para gerar células reguladoras da inflamação. Com o maior tecido linfóide do corpo, o órgão concentra mais linfócitos do que todos os demais juntos. Dessas células, 80% estão ativadas, o que transforma a atividade imunológica local num frenesi, produzindo, continuamente, anticorpos e citocinas – substâncias secretadas por células do sistema imune.

Diariamente, o homem lida com os antígenos que chegam da dieta e com uma microbiota imensa, já que a quantidade de bactérias presentes no intestino supera, em número, as células eucariotas do corpo. Mesmo com todo esse estímulo, existe um mecanismo muito potente de imunorregulação, que mantém a homeostase, ou equilíbrio intestinal, de forma a permitir que o ambiente esteja repleto de células inflamatórias, mas sem causar dano. "Usamos esse local privilegiado para tentar resgatar a imunorregulação perdida nos modelos experimentais e nos pacientes que têm doenças inflamatórias crônicas", adianta a coordenadora.

A partir disso, a equipe focou em modelos de doenças autoimunes "clássicas", como esclerose múltipla, diabetes e artrite, além de algumas enfermidades degenerativas crônicas, a exemplo da aterosclerose, da **obesidade**, da doença de Chron e da colite

ulcerativa. Em todas, os cientistas testam a mesma alternativa, por acreditar que se agrupam no mesmo problema imunológico: regular a inflamação excessiva e persistente. "Temos experimentos com dietas de efeito antiinflamatório e com os probióticos", detalha Ana Faria.

Com base no conhecimento de que algumas bactérias comensais ajudam no metabolismo e produzem, inclusive, fatores anti-inflamatórios no intestino, o grupo selecionou, como agente da pesquisa, a bactéria *Lactococcus lactis*. O microrganismo não integra, naturalmente, a microbiota humana, mas é velho conhecido da indústria alimentícia, comprovadamente não patogênico, usado na fabricação de queijos e iogurtes.

De acordo com a cepa e a espécie, os probióticos podem também produzir naturalmente substâncias mediadoras anti-inflamatórias. "Trabalhamos com alguns que secretam ácido fólico, com bons resultados na regeneração da mucosa", exemplifica. A professora diz ter constatado efeitos profundos de estímulo de produção de células reguladoras. "Não se imaginava que tal bactéria pudesse interferir no metabolismo e na ativação de células do intestino", revela.

Outra descoberta relaciona-se ao fenômeno chamado, pelos pesquisadores, de tolerância oral. Diz respeito à capacidade do intestino de, uma vez em contato com algum antígeno, gerar, para essa substância, células reguladoras. "A ativação funciona da seguinte forma: ao invés de produzir uma resposta imune inflamatória, como faria na vacinação, com os antígenos da dieta e da microbiota, provocamos uma resposta anti-inflamatória

Hoje, sabe-se que a obesidade é uma doença metabólica e inflamatória. Além de acumular gordura, o adipócito produz citocinas capazes de ativar e recrutar células do sistema imune. Assim, o tecido adiposo do paciente obeso não apenas cresce, como também está infiltrado de células inflamatórias.



reguladora", explana. O processo mantém a homeostase daquele sistema.

Os estudiosos pressupõem que, nas doenças autoimunes clássicas, os pacientes têm um déficit de geração de células T reguladoras para alguns antígenos que são alvo da destruição imunológica na respectiva enfermidade. É o caso da esclerose múltipla, em que o alvo do ataque imune é a bainha de mielina. Se o doente tem déficit nas células responsáveis por regular esse tipo de reatividade inflamatória, que seriam, normalmente, produzidas no timo, a proposta é administrar os antígenos via oral, para estimular a geração das células reguladoras pelo intestino. O probiótico seria ministrado como medicamento, já que os pesquisadores mostram preferência por essa opção, ao invés de, por exemplo, incorporá-lo na dieta.

Outras pesquisas já foram feitas usando a estratégia de induzir a tolerância por via oral, com os antígenos alvo da doença imune. A novidade na pesquisa conduzida na UFMG consiste na escolha de um antígeno que poderia servir para todas as doenças inflamatórias crônicas, além de poder ser ministrado oralmente. Trata-se da proteína de choque térmico 65, chamada de Hsp65. "Para se ter uma ideia, a Hsp65 é proveniente de uma micobactéria e tem analogia de 75% a Hsp60 humana", compara Ana Faria. A pesquisadora explica que, na inflamação, por serem **proteínas de estresse**, elas estão presentes em grande quantidade. "Era o que procurávamos: o antígeno alvo presente em todas as doenças inflamatórias crônicas", conclui.

Para viabilizar os trabalhos, a bactéria capaz de produzir a proteína é produzida no Departamento de Biologia Geral, por meio de parceria com os professores Anderson Miyoshi e Vasco Azevedo. Eles criaram recombinante de *Lactococcus lactis*, capaz de secretar o Hsp65. "É uma bactéria segura. Dessa forma, podemos ministrá-la, como fizemos nos testes com camundongos, já que ela não coloniza o intestino. Se quisermos interromper o tratamento, entre 24h ou 48h, ela não estará mais lá", detalha a pesquisadora. Uma vez no intestino, o *Lactococcus* secreta a proteína, gerando imunorregulação, que se reflete nas doenças inflamatórias crônicas.

Tais proteínas desempenham papéis essenciais nas células. São bastante comuns e conservadas na natureza.

Os primeiros testes, em modelos animais com esclerose múltipla induzida, foram um sucesso. "Conseguimos produzir células T reguladoras, que aumentavam muito no camundongo tratado e impediam a migração das células inflamatórias para a medula espinhal, de modo a prevenir completamente a doença", relata Ana Faria. Agora, o grupo estuda o emprego da mesma terapia em casos nos quais a enfermidade já tenha se manifestado – com resultados iniciais promissores.

Na sequência, serão necessários novos processos, com produto, de mesmo perfil, que possa ser testado em humanos. Ana Faria espera passar, em breve, da fase experimental aos estudos clínicos. "Entramos com pedido de patente, via UFMG. Estamos em contato com potenciais parceiros na Faculdade de Medicina e temos até empresa interessada", adianta.

Para chegar aos resultados atuais, foram necessárias colaborações multidisciplinares. Além do Laboratório de Imunologia, coordenado por Ana Faria, e dos pesquisadores do Departamento de Biologia Geral, existe a parceria com o professor Sérgio Costa Oliveira, do Departamento de Bioquímica e Imunologia, e da professora Ana Lucia Brunialti Godard, do Departamento de Biologia Geral, e da professora Denise Carmona, do Departamento de Morfologia. Também estão envolvidos alunos de mestrado e de doutorado, responsáveis por testar diferentes modelos.

PROJETO: Estratégias alternativas de imuno-modulação das doenças inflamatórias crônicas

COORDENADOR: Ana Maria Caetano Faria

EDITAL: Programa Núcleos de Excelência (Pronex)

VALOR: 490.000,00

PROJETO: Administração oral de probiótico como alternativa terapêutica imuno-moduladora para a esclerose múltipla experimental

COORDENADOR: Ana Maria Caetano de Faria

MODALIDADE: Bolsa de Pós-Doutorado
VALOR: R\$ 45.360,00

TEXTOS I



PECUÁRIA

Nos menores “frascos”, os melhores medicamentos

Aplicação de nanotecnologia aumenta eficácia
do tratamento da mastite bovina

Virgínia Fonseca

MINAS FAZ CIÊNCIA • DEZ/JAN/FEV 2014 **17**

Por entre serras e riachos, nas bucólicas fazendas de Minas, a cena ainda se repete. Cada vez com menos frequência, alguns hão de notar, saudosamente. O dia amanhece, em meio ao cacarejar das aves e ao mugido do rebanho. Canecos em punho, as crianças – primos, sobrinhos, netos, afilhados e filhos – acorrem ao curral, onde os adultos, madrugadores, ordenham o gado. O objetivo é um só: degustar o leite recém-saído do úbere da vaca. Aquele líquido denso, quente, espumoso, com gostinho de infância mineira e levemente salgado... Opa! “Levemente salgado”? Parem as canecas! A presença de sódio, que confere sabor salobro, é uma das características do leite proveniente de animais contaminados pela mastite bovina. Trata-se da doença mais relevante para os produtores leiteiros em todo o mundo, devido à alta incidência e aos prejuízos econômicos que acarreta. Trata-se, também, de um dos motivos pelos quais médicos e defensores de medidas sanitárias não recomendam a ingestão do leite *in natura*, ainda que pese a magia despertada, no imaginário, pela cena acima.

A mastite é uma infecção na glândula mamária que pode ser provocada por diferentes tipos de microrganismos, como leveduras, fungos, algas e bactérias. Estas últimas respondem pela maior parte dos casos. Com vistas a reduzir as perdas decorrentes da enfermidade, em todo o mundo, especialistas dedicam-se a novas formas de combatê-la. Na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – unidade Gado de Leite, em Juiz de Fora, Zona da Mata mineira –, pesquisadores têm obtido êxito com auxílio da nanotecnologia.

Tais estudos tiveram início há cerca de cinco anos, quando o médico-veterinário Humberto de Mello Brandão ingressou na Embrapa Gado de Leite com a função de aprofundar investigações na área de nanotecnologia. O pesquisador trabalhou, em parceria com a professora Vanessa Mosqueira, da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Ouro Preto (Ufop), no desenvolvimento de nanopartículas capazes de aumentar a eficiência dos antibióticos no combate às bactérias causadoras da mastite.

O leite de animais acometidos pela doença apresenta alteração em sua composição quanto a proteínas, gorduras e outros elementos, além de potencial contribuição

Os prejuízos advêm de consequências como queda na produção, descarte de leite, gastos com medicamentos e serviços veterinários, além de morte do animal.

para a elevação da contagem bacteriana total (CBT) e, principalmente, das células somáticas (CCS), uma vez que a tentativa de destruir os microrganismos invasores resulta em concentração de células de defesa (polimorfonucleares) na região afetada.

Por sua vez, o manejo nutricional adequado auxilia a redução de gorduras e sólidos totais. Já a mitigação das taxas de CCS – diretamente relacionadas à ocorrência clínica ou subclínica da mastite – mostra-se mais delicada e depende do bom estado sanitário do rebanho, resultado a que se pode chegar por meio de programas eficazes de controle da enfermidade.

Por meio da Instrução Normativa 62, válida a partir de 2012, em substituição à anterior (IN 51), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece normas de produção e qualidade do leite. Humberto Brandão explica que os parâmetros composicionais definidos pela IN 62 são, em geral, alcançados com o adequado ajuste do manejo nutricional da vaca. Já os índices de CTB, embora ainda sejam elevados no Brasil, podem diminuir significativamente pela simples adoção de práticas de higiene na ordenha, nos equipamentos, e pela refrigeração imediata. No caso dos índices de CCS – diretamente relacionados à ocorrência clínica ou subclínica da mastite –, o alcance da meta mostra-se mais delicado e é altamente dependente do bom estado sanitário do rebanho, resultado a que se pode chegar por meio de programas eficazes de controle da mastite.

O combate à infecção baseia-se em três fatores: identificação da doença, prevenção e tratamento correto dos animais contaminados. Esta última etapa é tida como ponto sensível, devido ao grande número de patógenos capazes de causar a mastite. Atualmente, o uso de antibióticos convencionais constitui a via mais usual de ação. A pesquisa conduzida pela Embrapa Gado de Leite e pela Ufop apresenta, como novidade, a associação desta técnica à nanotecnologia, o que garante eficácia aos fármacos ministrados.



Desafio no campo

Os agentes causadores da mastite podem ser de origem ambiental ou contagiosa. No primeiro caso, o reservatório das bactérias é o ambiente em que a vaca vive. O acúmulo de esterco, urina, barro e outros detritos favorece o crescimento das bactérias. Assim, a maioria das propriedades apresenta esse tipo de mastite, pois é difícil a eliminação dos patógenos presentes nesses locais. Já os microrganismos contagiosos, principalmente o *Staphylococcus aureus* e o *Streptococcus agalactiae*, promovem a contaminação de um animal a outro, ou, ainda, de um quarto mamário a outro — principalmente, no momento da ordenha.

Como animais infectados tornam-se o principal reservatório da bactéria, em ambas as situações, o tratamento rápido é fundamental para evitar o contágio de outras reses do rebanho. Hoje, a terapia baseia-se em formulações farmacêuticas para aplicação parenteral ou intramamária, sendo esta última considerada mais efetiva. "Normalmente, utiliza-se um antibiótico convencional veiculado numa formulação aquosa ou oleosa. Há, também, tratamentos alternativos, com produtos naturais ou homeopáticos, mas sua eficácia ainda precisa ser comprovada cientificamente", detalha o pesquisador.

Embora os produtos alopáticos apresentem eficácia satisfatória, elementos como o tipo de patógeno, a via de administração do medicamento, a escolha da base farmacêutica e seu uso adequado podem ocasionar variações. Algumas bactérias desenvolvem mecanismos para sobressair-se à droga, como a produção de enzimas que degradam o antibiótico, a resistência à fagocitose do sistema de defesa do animal ou a indução à formação de abscessos. "Nessas situações, o remédio, muitas vezes, não chega à bactéria ou se caracteriza por baixa concentração, insuficiente para matá-la. As consequências são a recorrência da manifestação clínica de mastite e a seleção de bactérias resistentes", adverte Humberto Brandão.

Menos é mais

É aí que entra a nanotecnologia, área capaz de aumentar a eficácia dos antibióticos já existentes no mercado e reduzir o

risco de surgimento de organismos resistentes. "Deixemos claro que não se trata de uma nova base farmacêutica ou algo semelhante, mas da atividade que permite a construção de um novo 'veículo' para as drogas convencionais no combate às bactérias", ressalta o pesquisador.

Por meio das técnicas adotadas no estudo, os cientistas inserem o antibiótico numa nanopartícula, espécie de cápsula extremamente pequena que protege o medicamento, possibilitando que ele seja direcionado às células da glândula mamária em contato com as bactérias. O mecanismo permite, até mesmo, veicular um fármaco hidrofóbico (insolúvel em água) num meio aquoso. "Nestes casos, a base para aplicação seria o óleo, mas, com a nanotecnologia, podemos reverter para água, o que faz com que o medicamento se espalhe melhor e mais rapidamente pela glândula mamária", conclui.

O processo também se mostra eficaz na absorção do medicamento. Numa formulação convencional, à base de óleo, o líquido, após aplicação do medicamento, tende a se dividir em gotículas, que se dirigem para a parte superior do úbere, por meio dos ductos lactíferos. Estes canais estreitam-se progressivamente, o que dificulta a movimentação da substância — as gotículas de óleo acabam funcionando como pequenos êmbolos. Isso

retarda a chegada do antibiótico à porção superior da glândula mamária, onde costuma haver a maior concentração de bactérias. Ao encapsular o antibiótico na nanopartícula e usar água em vez de óleo como meio, os cientistas conseguem que a medicação chegue mais rapidamente a todos os pontos da glândula mamária. Estudos realizados pela equipe constataram que, em seis horas, as nanopartículas já haviam atingido todas as regiões da glândula mamária.

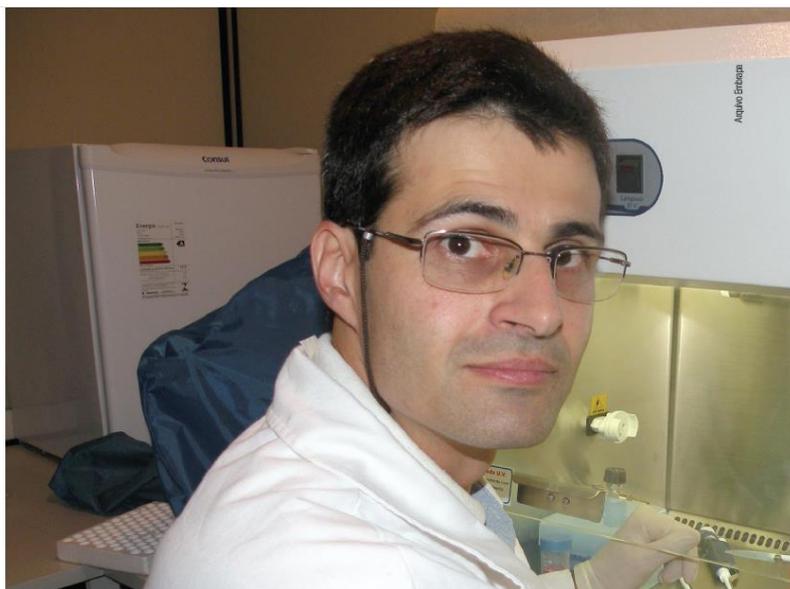
Como a liberação do antibiótico se processa gradativamente ao longo da glândula, existe mais eficácia neste tipo de medicamento, distribuído de forma homogênea até o ápice do úbere. Ao longo do trajeto, ainda há o direcionamento do antibiótico para o interior das células de defesa da vaca, passo importante no combate à mastite. Isso porque, durante a infecção, tais células fagocitam o microrganismo para destruí-lo. Entretanto, certas bactérias podem resistir ao ataque, mantendo-se em estado de "hibernação", o que lhes possibilita sobreviver a um tratamento convencional. Mais tarde, com a morte das células fagocitárias, a bactéria é liberada, provocando novamente a doença. Ocorrem, então, as mastites recorrentes, ou as chamadas vacas "mamiteiras", que, além de causar prejuízos, contribuem para a seleção de bactérias mais resistentes, capazes de contaminar outros animais do rebanho.

Conexão de possibilidades

São infinitas, segundo o pesquisador Humberto Brandão, as oportunidades oferecidas pela nanotecnologia. E o Brasil, avalia, tem se destacado, na referida área, como um dos países que mais progressos obtém nos estudos sobre aplicação das técnicas nanotecnológicas no agronegócio. Em Minas, duas redes consolidadas reúnem cientistas da área e interagem entre si, contribuindo para o avanço das pesquisas: Agronano, coordenada pela Embrapa, e Nanobio-MG, mantida pela FAPEMIG.

Os profissionais envolvidos na pesquisa sobre mastite trabalham com a aplicação da nanotecnologia a outros medicamentos. O potencial antibiótico natural da própolis inspira estudos para uso de nanopartículas da substância pelo segmento de produção de leite orgânico. Outra novidade diz respeito ao tratamento da ceratoconjuntivite, doença que acomete os bovinos e é causada pela bactéria *Moraxella bovis*. A técnica permitiu o desenvolvimento de partículas minúsculas, que aderem à mucosa ocular e liberam o medicamento gradativamente, evitando que o composto seja "lavado" pela lágrima do animal. Em breve, estudo clínico deve ser conduzido pelo pesquisador Alessandro Guimarães, para comprovar a eficácia dessas nanopartículas.

Humberto Brandão conduz pesquisas que exploram possibilidades da nanotecnologia para o agronegócio



Pioneirismo latino

Todo o processo foi concebido para funcionar de forma totalmente segura: os componentes da nanopartícula são liberados para uso humano e a formulação foi projetada para não deixar resíduos no leite ou provocar qualquer toxicidade para o animal. Por meio de um acordo binacional entre a Embrapa e o Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (Inta), da Argentina, testes estão em andamento nos dois países. Os estudiosos pretendem fazer com que a eficácia da técnica seja comprovada por vários grupos de pesquisa. Brandão considera os resultados, até o momento, positivos. "Tratamos bovinos e ovinos, em colaboração com a Embrapa Pecuária Sudeste, e obtivemos bons índices de cura, sem nenhum efeito adverso".

No mercado – ou melhor, no campo –, a expectativa é grande, pois se trata da primeira formulação intramamária do mundo a usar nanopartículas. "Já fui indagado por vários técnicos sobre quando o produto estará disponível para uso nas fazendas leiteiras", conta o pesquisador. O grupo estima iniciar a fase de transferência de tecnologia ainda no primeiro semestre de 2014. Dentre todos os trâmites necessários, a exemplo do registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brandão prevê um prazo de cerca de três anos até a comercialização.

O preço, por sua vez, não deve ser muito diferente dos produtos hoje existentes, assim como não haverá alteração na maneira de administrar o medicamento. A

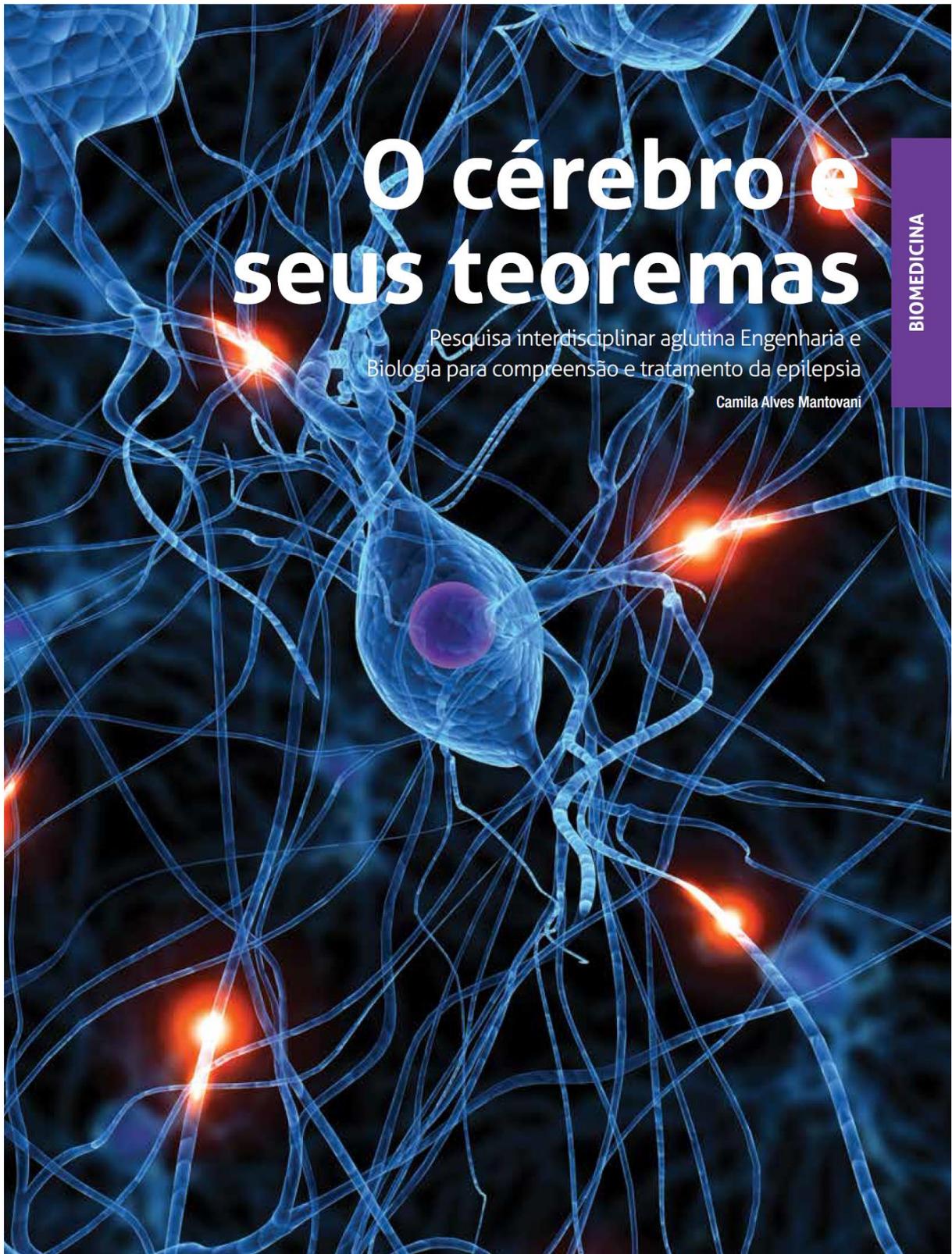
forma de aplicação intramamária foi escolhida, justamente, por ser mais eficaz e já usual entre os produtores rurais. "Levaremos a terapêutica de precisão ao dia a dia do pecuarista, de modo a otimizar o uso dos antibióticos, sem mudar sua rotina", sintetiza Brandão.

Os estudos laboratoriais contaram com auxílio de uma equipe de colaboradores, como a engenheira de Bioprocessos e Biotecnologista Juliana Gern, e outros pesquisadores da Embrapa. Na Ufop, os trabalhos são conduzidos pela professora Vanessa Mosqueira e pelas estudantes Raquel Araújo e Raquel Castanheira, da Escola de Farmácia. Existem, ainda, pesquisadores da Rede Mineira de Nanobiotecnologia colaborando com os projetos em andamento.

Trocando em miúdos

A nanotecnologia pode ser entendida, de forma simplista, como uma nova característica gerada para dado material pelo controle do seu tamanho. Para se ter ideia da escala de trabalho, se uma bola de futebol tivesse um nanômetro de diâmetro, o planeta Terra teria um metro.



TEXTO J

O uso das tecnologias de informação e comunicação tem apoiado, cada vez mais, as pesquisas em diversos campos científicos. Em 1999, John Taylor, à época diretor geral do Departamento de Ciência e Tecnologia do Reino Unido, cunhou o termo *e-Science* (em português, e-Ciência) para designar estudos realizados por meio de um ambiente colaborativo, organizado em rede, e que empregava mecanismos computacionais de processamento, armazenamento e transmissão remota de dados.

O envolvimento das tecnologias no fazer científico, sob o ponto de vista da *e-Science*, advém tanto de uma necessidade estimulada pela dispersão geográfica das equipes de trabalho quanto pelo fato de os pesquisadores em interação não pertencerem, necessariamente, ao mesmo campo disciplinar.

Sendo assim, a *e-Science* pode ser compreendida a partir de dois aspectos: o primeiro diz respeito a pesquisas que têm sua realização possível graças ao uso de recursos computacionais, que não apenas integram equipes distantes – do ponto de vista geográfico –, mas podem se encontrar disciplinarmente separadas. O segundo representa o desenvolvimento tecnológico capaz de tornar real a nova conformação estrutural da prática científica.

Mais que nos deter à questão material, contudo, pensar a introdução das tecnologias de informação e comunicação na ciência abre a possibilidade de vislumbrar as mudanças ocorridas na produção do conhecimento. Exemplos simples podem ser encontrados na prática científica contemporânea: a facilidade em recuperar referências na rede por meio de sites que oferecem acesso livre a artigos científicos, a rapidez com que se procede à identificação de pesquisadores que trabalham temas de interesse – no intuito de estabelecer parcerias – e o uso das tecnologias para mapear a produção científica de determinada área.

Neste contexto, quando as tecnologias digitais passam a ser vistas como ferramentas de pesquisa, acabam por disseminar práticas de conhecimento

distintas, fornecendo traduções entre diferentes campos de pesquisa. Essas interpretações podem se dar em diferentes níveis e variam de acordo com o problema científico, as áreas em inter-relação e, ainda, a disposição e a capacidade dos pesquisadores envolvidos em manusear tais recursos.

No caso de Antônio-Carlos de Almeida, coordenador do projeto “Efeitos dinâmicos dos mecanismos sinápticos e não sinápticos em epilepsias refratárias” – desenvolvido junto ao Laboratório de Neurociência Experimental e Computacional da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) –, a disposição para atuar em projetos com essas características apareceu desde muito cedo em sua formação. Graduado em Engenharia Elétrica, o pesquisador confessa eterno fascínio pelos princípios biológicos, assim como pela possibilidade de descrever um sistema físico por meio de equações matemáticas. Dessa forma, na Engenharia, ele encontrou os atrativos fundamentais para treinar o jogo de observação e descrição que, posteriormente, usaria para estudar os sistemas biológicos – e, mais especificamente, os processos epileptogênicos (fatores responsáveis pela epilepsia).

Caminho interdisciplinar

Nos anos 1990, ao ingressar no Programa de Engenharia Biomédica do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), para cursar o mestrado, o pesquisador investiu no estudo da Neurociência, pela perspectiva da Engenharia. Contudo, apenas no doutorado – também realizado na UFRJ, sob a orientação do professor Antonio Fernando Catelli Infantesi –, é que o pesquisador dedicou-se, de fato, à modelagem matemática e às suas representações computacionais, voltadas ao estudo das epilepsias.

À época, assumiu o desafio de modelar uma atividade cerebral denominada ritmo teta, bem como atividades epileptiformes. Durante esse período,

foi altamente incentivado por um grande neurocientista brasileiro, Hiss Martins Ferreira, do Instituto de Biofísica da UFRJ. De forma incansável, ele o entusiasmava ao estudo de outro fenômeno, também associado à epilepsia, denominado **depressão alastrante**. “Assim, ao assumir meu cargo na Universidade Federal de São João del-Rei, iniciei o desafio de construir um laboratório voltado à investigação das epilepsias e da Depressão Alastrante, o Lanec”, conta o pesquisador.

Segundo Antônio-Carlos, os trabalhos do Laboratório são desenvolvidos com base na estratégia de realizar medidas experimentais em fatias do cérebro e reproduzir esses achados em simulações computacionais baseadas em representações matemáticas dos tecidos neurais.

Desse modo, a relação interdisciplinar entre a Engenharia e a Biologia, na visão do pesquisador, apresenta grande potencial científico. Seria muito difícil, afinal, abordar fenômenos biológicos complexos, a exemplo da epilepsia, sem o uso dos conhecimentos e práticas da Engenharia. Em sua perspectiva, o exercício fundamental consiste na descrição dos processos neurofisiológicos envolvidos, para, então, buscar-se identificar sob quais circunstâncias as alterações nesses processos poderão favorecer a deflagração de crises. “É exatamente aí que a pesquisa tem seus maiores ganhos”, afirma.

Cérebro equacionado

A pesquisa atualmente desenvolvida insere-se no âmbito do projeto “Neurociências Epilepsia” e tem apoio conjunto de FAPEMIG e Fapesp. O estudo busca contribuir para o entendimento das epilepsias refratárias a medicamentos, com destaque àquelas que afetam, em grande parte, pacientes na fase infantil. De acordo com o pesquisador, a investigação da excitabilidade neuronal durante as transições entre os períodos ictal (estado fisiológico durante a crise) e interictal (estado fisiológico entre crises), nesse tipo de atividade, envolve

Fenômeno de propagação associado à epilepsia e à enxaqueca, é o estado no qual ocorre um “silêncio” da atividade neuronal, que se propaga como onda, após o aumento da excitabilidade no cérebro. O efeito foi descoberto e descrito pelo médico e pesquisador brasileiro Aristides Azevedo Pacheco Leão. Daí ter ficado conhecido como “Onda de Leão”.

sequência intrincada de interações de fluxos iônicos que não podem ser investigadas simultaneamente durante medidas experimentais. Neste caso, a simulação computacional é uma ferramenta poderosa, que permite testar hipóteses, agrupar informações experimentais de forma conexa e fazer previsões.

As simulações auxiliam a investigação experimental da influência de alterações geométricas do tecido cerebral em função do desenvolvimento, e, ainda, de modificações morfológicas (não sinápticas) induzidas nos modelos experimentais de epilepsia. “Longe de desprezar a importância dos mecanismos sinápticos na gênese da epilepsia, a presente proposta considera que não se pode ignorar os mecanismos não sinápticos (MNS) na instalação, curso e progressão dessa patologia”, avalia.

Para que se pudesse avançar nas proposições atuais da pesquisa, que envolvem interação com profissionais da área médica do estado de São Paulo, Almeida avalia a importância dos estudos realizados tanto para a modelagem matemática dos mecanismos associados ao fenômeno quanto para os processos não sinápticos, responsáveis pela transição entre os fenômenos epilepsia e Depressão Alastrante.

O pesquisador destaca, ainda, a publicação, em 2008, do modelo matemático desenvolvido na revista *Epilepsia*, editada pela International League Against Epilepsy. Segundo Antônio-Carlos, o ponto forte dos trabalhos é o uso de amostras de tecidos cerebrais de pacientes com a doença, resultantes de ressecções de porções do cérebro identificadas como foco das crises epiléticas.

Nesses casos, os pacientes se encontram em situações nas quais os medicamentos disponíveis no mercado revelam-se ineficazes. De acordo com Almeida, os estudos têm demonstrado que essa ineficácia deve-se aos alvos de ação dos medicamentos, normalmente direcionados a mecanismos de interação entre neurônios envolvendo as sinapses. "Nossos achados indicam que, nesses casos, as crises são de origem fundamentalmente não sináptica", pontua.

Na fase atual, o pesquisador destaca o melhoramento do modelo matemático e a finalização de sua implementação. Para tanto, é preciso concluir a fase experimental,

que se refere aos experimentos com tecidos cerebrais de roedores, os quais fornecem informações importantes para verificação do modelo ou confirmação de predições advindas das simulações. "É nessa fase que identificamos os alvos antiepileptogênicos mais eficazes e que poderão favorecer o design de novas drogas", explica.

Para Antônio-Carlos, na medida em que os processos constituintes das epilepsias são representados por meio de equações matemáticas, entende-se, cada vez mais, a complexidade da doença. Diante dos consideráveis avanços alcançados, Almeida destaca como fundamental a ação colaborativa de diferentes especialistas envolvidos com

o tema. Adotar a perspectiva interdisciplinar, portanto, revela-se, na visão do pesquisador, algo extremamente importante.

Na experiência da UFSJ, Antônio-Carlos salienta não apenas a formação de mestres e doutores em Bioengenharia, mas, também, a proposição de um novo curso de graduação voltado à formação de profissionais dentro do perfil interdisciplinar da Engenharia Biológica. "É um grande desafio formar profissionais capazes de atuar de forma interdisciplinar. Porém, temos docentes com experiência de mais de 20 anos de atuação em suas áreas, e, portanto, com qualificação para realizar, com êxito, essa tarefa".



PROJETO: Efeitos dinâmicos dos mecanismos sinápticos e não sinápticos em epilepsias refratárias
COORDENADOR: Antônio-Carlos Guimarães de Almeida
MODALIDADE: Programa Pesquisador Mineiro
VALOR: R\$ 48.000,00

TEXTO K

BIOQUÍMICA

Cheiroso e ecológico

Pesquisadora desenvolve sabão com propriedades medicinais a partir da reutilização do óleo de cozinha e da combinação com plantas de ação farmacológica

Camila Alves Mantovani

Trata-se de um dos principais resultados da conferência Eco 92 (ou Rio 92). O documento estabeleceu parâmetros para comprometimento das nações com a solução dos problemas socioambientais, por meio de seus governos, de suas empresas e entidades de terceiro setor.

A conscientização ambiental pode ser compreendida como uma mudança de comportamento por parte dos indivíduos – e, por conseguinte, da sociedade –, em relação ao meio ambiente. Tendo em vista que um dos grandes problemas ambientais, na atualidade, refere-se ao consumo desenfreado da população e à consequente geração de resíduos, tal mudança culmina com a utilização dos recursos ambientais de forma sustentada, levando-se a um consumo consciente.

Dentre as diversas ações para promover tal conscientização, destacam-se as abordagens que têm como referência o princípio dos 3Rs, apresentado na chamada “Agenda 21”, a saber: redução, reutilização e reciclagem. Apesar de serem bastante difundidos, tais princípios ainda encontram barreiras em sua implementação, principalmente, quando se observa o consumo cotidiano dos cidadãos. Além de questões voltadas à mudança de comportamento, é patente o desconhecimento do que pode ser feito com determinados resíduos, como o óleo de cozinha.

Com o intuito de contribuir para uma melhor gestão dos detritos, bem como de promover atitudes ecologicamente corretas, pesquisa coordenada pela professora Marisa Alves Nogueira Diaz, da Universi-

dade Federal de Viçosa (UFV), busca produzir sabão e sabonetes medicinais a partir de óleo residual, aliado à investigação e à comprovação da existência de propriedades farmacológicas pesticidas em extratos de plantas da região de Viçosa (MG).

De acordo com a pesquisadora, o descarte do óleo usado na cozinha é um grave problema ambiental, especialmente, no Brasil. Caso o material seja despejado nas pias de cozinhas, ainda que ocorra o processo de tratamento de esgoto, parte do líquido permanece retida no encanamento, de modo a atrair diversos tipos de pragas, além de contribuir para enchentes, tão frequentes nos grandes centros urbanos do País. Importante ressaltar, ainda, que o óleo chega intacto aos rios e às represas, fica na superfície da água e pode impedir a entrada de luz – elemento que alimenta o fitoplâncton, conjunto de organismos essenciais à cadeia alimentar aquática.

Os recursos hídricos, porém, não são os únicos a sofrer os impactos do descarte. Ao atingir o solo, o óleo também promove sua impermeabilização, dificultando o escoamento de água das chuvas. Além desse problema, a demorada decomposição do material promove a emissão de metano – o gás do chamado “efeito estufa” – na atmosfera, contribuindo com o superaquecimento terrestre.



Motivações e estudos

Ao chegar em Viçosa, em 2006, Marisa Diaz oferecia um curso na Semana do Fazendeiro, tradicional evento da região, intitulado “Sabão Rural”. Em resumo, o objetivo da iniciativa era promover a conscientização acerca do meio ambiente, aliada ao problema de descarte do óleo de cozinha. À época, para que as aulas fossem mais atrativas, a pesquisadora decidiu acrescentar plantas medicinais com atividades farmacológicas — principalmente, antimicrobianas, sarnicidas e carrapaticidas — já comprovadas ao sabão feito com óleo residual.

Inspirada pela experiência, dois anos mais tarde, a professora aprovou, na FAPEMIG, o projeto de pesquisa que seria realizado em parceria com a empresa Jr. In Bio, ligada ao curso de Biologia da UFV. A proposta era pesquisar plantas medicinais com atividade antimicrobiana e incorporá-las ao óleo vegetal residual. “Deu tão certo que trocamos o óleo residual pelo de macaúba e desenvolvemos um sabonete a

partir da planta aquática que pesquisávamos à época. O processo foi patenteado, além de ter gerado trabalhos acadêmicos”.

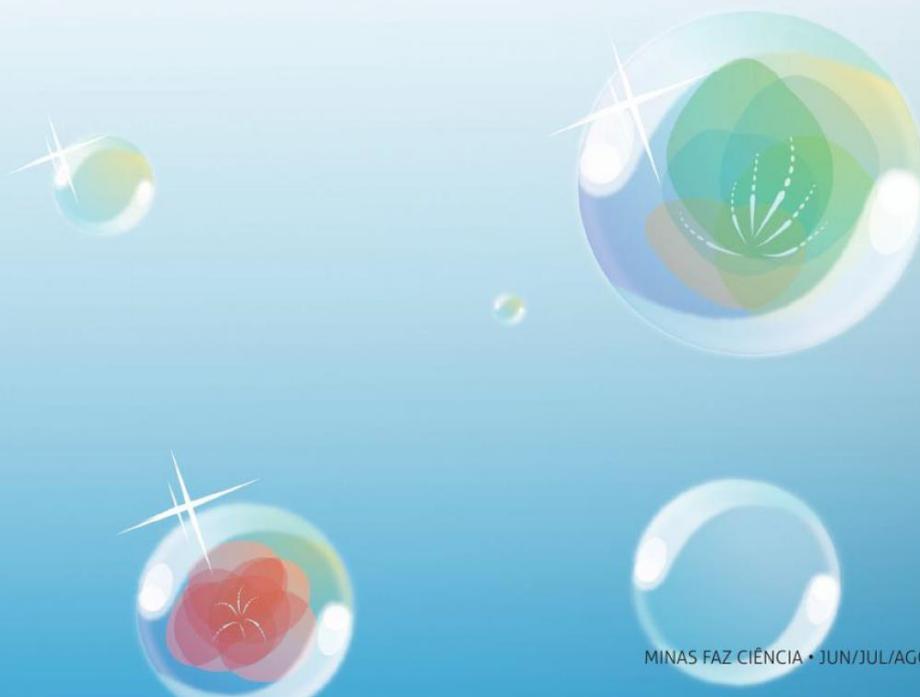
A partir daquela primeira proposta, surgiram outras diversas proposições de pesquisa, como o projeto “Obtenção e avaliação de produtos fitossanitários alternativos para uso no controle de mastite bovina”, que detém o apoio do CNPq e conta, entre seus desdobramentos, com a produção de sabão com propriedades farmacológicas. Neste caso, contudo, o foco está no pequeno produtor, que, conforme ressalta a pesquisadora, não tem condição financeira de usar antibióticos para tratar a mastite bovina. O produto serviria, portanto, como alternativa para assepsia das mãos, antes da manipulação do animal. Reduz-se, assim, o risco de contaminação e disseminação da doença no rebanho.

“Além disso, a pesquisa objetiva a realização de um estudo fitoquímico das plantas mais ativas, para verificar qual o princípio ativo responsável pelo efeito.

Até o momento, descobrimos o composto responsável pela reação antimicrobiana de duas das plantas investigadas”, conta Marisa Diaz.

A pesquisadora destaca que o curso “Sabão Rural” ainda é oferecido, tanto na Semana do Fazendeiro quanto em outros períodos e espaços, a exemplo do Centro Tecnológico de Desenvolvimento Regional de Viçosa (Cetev) — onde é possível contar com a colaboração da ONG Engenheiros Sem Fronteira, formada por profissionais e estudantes de Engenharia que buscam ajudar comunidades social e economicamente carentes.

Ao analisar os desdobramentos dos projetos e seus encaminhamentos futuros, Marisa Diaz revela-se bastante otimista. “No momento, fazemos a associação de plantas nas formulações. Testamos uma espécie *in vivo* e os resultados foram promissores. Agora, esperamos o parecer da comissão de ética para iniciarmos os testes — também *in vivo* — com outras variedades”, conclui.



Devido ao sucesso do curso "Sabão Rural", Marisa Diaz foi convidada a produzir aulas a distância, de modo a oferecê-las no site do "Espaço do produtor" (<https://www2.caad.ufr.br/espacoProdutor>), iniciativa da UFV. Na internet, são apresentadas as informações para quem deseja iniciar-se no ofício da produção de sabões a partir de óleo usado. Segundo a pesquisadora, o processo é bastante simples e não requer equipamentos ou instrumentos sofisticados. Além disso, a fabricação pode ocorrer numa cozinha convencional, desde que todos os recipientes e instrumentos estejam bem higienizados.

Quanto à variedade dos produtos, é preciso partir da receita de sabão básico, para, em seguida, investir nos modelos com propriedades farmacológicas. O sabão de losna ou arruda, por exemplo, pode ser usado no combate a piolhos e lêndeas; já o de erva-de-santa-maria é ótimo contra pulgas. Quanto ao uso dos sabões em seres humanos, a pesquisadora ressalta que, para além das mãos, deve-se evitar receitas elaboradas a partir do óleo de cozinha. Isso porque, em peles sensíveis, há o risco de reações alérgicas, apesar da filtragem dos resíduos líquidos.

E aí, quer produzir seu próprio sabão? Confira a receita abaixo!

Material necessário

- Fogão comum e/ou forno de microondas doméstico
- Balança de cozinha
- Recipientes de alumínio ou ágata
- Copo becker de plástico ou similar para medidas de 1000 ml
- Colher de pau ou bastão de vidro
- Fôrmas variadas de PVC e/ou silicone
- Peneira
- Coador de óleo de cozinha
- Congelador ou *freezer*

Ingredientes para sabão básico

- 150g de sebo
- 225 ml de óleo de soja de cozinha usado e filtrado
- 62,25g de soda cáustica
- 250 ml de álcool comercial

Modo de preparo

Dissolva e filtre previamente o sebo. Adicione o óleo de cozinha usado e filtrado. Separadamente, dissolva a soda em 125 ml de água. Coloque o sebo e o óleo em um recipiente grande e adicione o álcool. Aqueça ligeiramente a mistura e junte a solução de soda; mexa bem, até ficar cremosa. Numa fôrma, despeje o sabão ainda mole e deixe esfriar. Corte os pedaços de sabão depois de frio. (Observação: no lugar do sebo, pode-se usar a base para sabonete de glicerina transparente ou branca.)



Faça
VOCÊ
mesmo!

PROJETO: Produção de sabão com propriedades farmacológicas, aliada à conscientização ambiental e sustentabilidade através da reciclagem de óleo vegetal residual

COORDENADORA: Marisa Alves Nogueira Diaz

EDITAL: Pesquisa em Interface com a Extensão

VALOR R\$ 36.330,00

TEXTO L

Menos quilos, mais futuro

NUTRIÇÃO

Especialistas propõem medidas de prevenção e combate à obesidade e à síndrome metabólica em adolescentes de Viçosa (MG)

Vivian Teixeira



Henrique é estudante de informática, tem 16 anos e mais de 100 quilos distribuídos em 1m80 de altura. Após muita insistência dos pais, o garoto aceitou consultar um especialista, que recomendou dieta equilibrada e exercícios físicos regulares para redução do peso, controle da glicemia e da pressão arterial – que já se encontravam precocemente alterados.

O nome do personagem é fictício, mas o perfil apresentado revela-se cada vez mais frequente entre os adolescentes brasileiros. De acordo com a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009, realizada em parceria entre o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ministério da Saúde, o aumento de peso em jovens de 10 a 19 anos foi contínuo nos últimos 34 anos – o que é mais perceptível no sexo masculino, segmento no qual o índice passou de 3,7% para 21,7%; já entre as meninas, as estatísticas saltaram de 7,6% para 19% entre 1974-75 e 2008-09. No que se refere à obesidade, também há tendência de aumento, de 0,4% para 5,9% nos meninos e rapazes e, entre “elas”, de 0,7% a 4%.

A incidência de sobrepeso em adolescentes pode sinalizar uma série de alterações na saúde, a exemplo da síndrome metabólica. A Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM) define a enfermidade como um conjunto de doenças cuja base é a resistência insulínica. Por dificuldade de ação da insulina, decorrem as manifestações que podem fazer parte da síndrome.

Conforme esclarece Silvia Eloiza Priore, nutricionista, professora do Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e responsável pela pesquisa “Comparação de diferentes componentes para o diagnóstico da síndrome metabólica na adolescência”, a resistência à insulina está associada a alterações metabólicas, como **dislipidemias**, hipertensão, diabetes, excesso de peso e/ou de gordura corporal. Em conjunto, tais alterações caracterizam a síndrome metabólica e se comportam de forma diferente nas três fases da adolescência.

Financiada pela FAPEMIG, a pesquisa busca comparar os componentes da síndrome metabólica entre os sexos e as

As dislipidemias, também chamadas de hiperlipidemias, referem-se ao aumento dos lipídios (gordura) no sangue, principalmente, do colesterol e dos triglicérides.

três fases da adolescência: inicial, de 10 a 13 anos; intermediária, de 14 a 16; e final, de 17 a 19. A partir desses dados, a intenção é propor um novo critério para diagnóstico da síndrome. Segundo a professora, os critérios hoje utilizados para diagnóstico e os pontos de corte considerados de risco ainda não estão bem estabelecidos, dificultando a comparação entre a prevalência e as alterações na população de jovens. Acrescenta-se a isso o fato de o Brasil passar, assim como outros países, por um processo de transição nutricional, com mudanças nos hábitos alimentares e aumento do sedentarismo – o que se reflete em maior predominância de obesidade e complicações metabólicas associadas. “Diante desse quadro, percebemos a importância de estudar os fatores associados à resistência à insulina, a síndrome metabólica e os pontos de corte das variáveis de composição corporal segundo sexo e a fase em que se encontram na adolescência, com vistas ao diagnóstico e à prevenção precoce das alterações”, explica Silvia Priore.

Para compor o estudo, foram avaliados 800 adolescentes, sendo 414 (51,8%) do sexo feminino e 386 (48,2%) do sexo masculino, de 10 a 19 anos, estudantes de escolas públicas e privadas da zona urbana e rural de Viçosa (MG). Como critérios de inclusão, não poderiam fazer uso regular de medicamentos que alterassem a pressão arterial, a glicemia, a insulínia ou o metabolismo lipídico, nem utilizar regularmente, diuréticos, laxantes, marcapasso ou prótese, usar participar de programa atual de redução e controle de peso e, no caso das meninas, não podiam estar grávidas e/ou utilizar anticoncepcional há menos de dois meses.

Trata-se de estudo transversal, observacional, tendo o indivíduo como unidade de investigação. “A metodologia

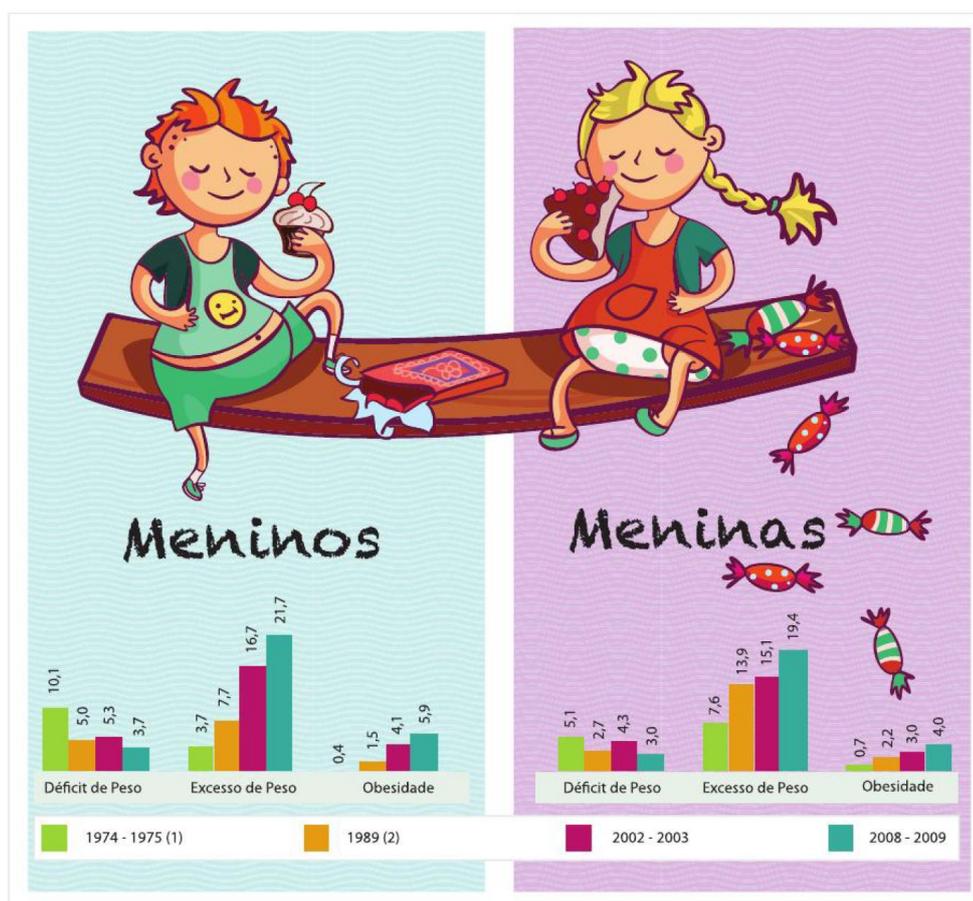
faz parte de uma análise epidemiológica, na qual fator e efeito são observados em um mesmo momento histórico. Os estudos transversais descrevem uma situação ou fenômeno em instante não definido, apenas representado pela presença de doença ou transtorno. Portanto, não há necessidade de saber o tempo de exposição de uma causa para gerar o efeito", explica Eliane Rodrigues de Faria, nutricionista e doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição do Departamento de Nutrição e Saúde da UFV, que também participou da pesquisa.

Obesidade X Síndrome metabólica

De acordo com Eliane Faria, o excesso de peso e/ou de gordura corporal, principalmente abdominal, é um dos principais com-

ponentes ligados à resistência à insulina, podendo levar à síndrome metabólica. Sugere-se que o perfil inflamatório, associado ao excesso de tecido adiposo visceral, possa estar ligado a hábitos alimentares inadequados e/ou falta de atividade física. Portanto, os adolescentes com obesidade têm maior chance de apresentar a enfermidade. "Nos últimos anos, tornou-se evidente que o tecido adiposo é um órgão ativo e dinâmico. E a função principal do armazenamento de gordura é servir como reserva energética do organismo. Por isso, o excesso de gordura corporal relaciona-se a obesidade, diabetes *mellitus* tipo 2, hipertensão arterial, arteriosclerose, dislipidemias, processos inflamatórios agudos e crônicos, dentre outros problemas", afirma Eliane.

As medidas antropométricas (registro das particularidades físicas dos indivíduos) e de composição corporal – usadas, na pesquisa,



Evolução de indicadores antropométricos na população de 10 a 19 anos de idade, por sexo, no Brasil (Períodos: 1974-1975, 1989 e 2008-2009)

como indicadores de localização de gordura central – são medidas simples, de fácil obtenção e de baixo custo. No entanto, Sílvia Priore destaca que ainda não há consenso sobre o melhor método para tal fim, uma vez que um bom indicador de localização de gordura corporal deveria associar-se, independentemente de sexo, idade e adiposidade total, com os marcadores de risco para síndrome metabólica.

“Por outro lado, o uso do índice de massa corporal (IMC), no diagnóstico da obesidade em adolescentes, está bem estabelecido na literatura, pois tem boa aplicabilidade clínica e se associa com gordura abdominal, pressão arterial e níveis lipídicos”, ressalta. No entanto, a especialista alerta para que este indicador não seja usado isoladamente, considerando que, nem sempre, indivíduos com peso adequado possuem percentual de gordura corporal adequado, o que torna indispensável o uso de mais instrumentos para tal avaliação, como circunferência da cintura, relação cintura/estatura e percentual de gordura. Esse fator fez com que o tema inicial da pesquisa fosse revisado para contemplar fatores antropométricos e de composição corporal, e não apenas o IMC.

Como ainda não há consenso quanto ao diagnóstico da síndrome metabólica em adolescentes, a prevalência varia, dependendo do critério, do ponto de corte e das características da população e da região. Sílvia explica que, em 2007, a International Diabetes Federation (IDF) sugeriu um critério específico para jovens, com a ressalva de que fossem consideradas as diferenças étnicas, entre os sexos e idades, sendo necessários mais estudos para estabelecer os riscos em cada grupo.

A nova definição da IDF é dividida em grupos de idade, com ênfase nas diferenças em relação às mudanças da puberdade. Para adolescentes de 10 a 16 anos, a síndrome metabólica pode ser diagnosticada pela presença de obesidade abdominal e outras

alterações (hipertrigliceridemia, baixos níveis de HDL, alta pressão arterial, glicemia de jejum alterada). “Por isso esse estudo é tão importante. É preciso ampliar conhecimentos sobre um critério para o diagnóstico da síndrome metabólica e pontos de corte específicos, segundo as três fases da adolescência”, defende.

Legado

Por meio da pesquisa, é possível conhecer os critérios e pontos de corte estabelecidos para que o levantamento e o tratamento dos indivíduos com risco de desenvolvimento da síndrome metabólica – como no caso de Henrique, o adolescente citado no início da matéria – possam ser realizados precocemente. Os adolescentes de Viçosa também foram orientados a ter um estilo de vida adequado, o que vai ajudá-los a manter a saúde ao longo da vida, tendo um impacto direto na área de saúde do município. Além disso, o estudo usou amostra representativa de adolescentes matriculados nas escolas públicas e privadas de Viçosa, ao fornecer dados importantes do estado de saúde da população e possibilitar uma avaliação estatística detalhada.

O estudo possibilitou, ainda, a implementação de medidas intervencionistas e de prevenção e combate a esse distúrbio metabólico nos adolescentes da cidade mineira, com incentivo à prática de atividade física regular e hábitos alimentares adequados, importantes no controle da síndrome em adolescentes. “As repercussões do estudo vão desde o maior conhecimento científico e técnico relacionado à síndrome metabólica na adolescência – e à análise dos melhores critérios diagnósticos e pontos de corte – à maior conscientização sobre a importância da prevenção de obesidade e alterações metabólicas o que impacta na redução do risco de doenças na vida adulta, diminuindo, também, a mortalidade geral da população”, conclui Sílvia Priore.

PROJETO: Estudo comparativo entre as três fases da adolescência, em relação ao excesso de gordura corporal e dos fatores de risco para síndrome metabólica.
COORDENADORA: Sílvia Eloiza Priore
EDITAL: Universal
VALOR: R\$ 49.963,45