

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

**CRISTINA DE SOUZA REZENDE**

**MODELO DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE SOFTWARE EDUCACIONAL**  
**PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

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

Área de Concentração: Ensino de Ciências

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tereza Gonçalves Kirner.

Março de 2013

Itajubá - MG

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá  
Bibliotecária Jacqueline Rodrigues de Oliveira Balducci- CRB\_6/1698

R467m

Rezende, Cristina de Souza

Modelo de avaliação de qualidade de software educacional  
para o ensino de ciências / Cristina de Souza Rezende. – Itajubá,  
(MG) : [s.n.], 2013.

132 p. : il.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tereza Gonçalves Kirner.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Avaliação de qualidade de software educacional. 2. Mode-  
lo de avaliação. 3. Ensino e aprendizagem de ciências. I. Kirner,  
Tereza Gonçalves, orient. II. Universidade Federal de Itajubá.  
III. Título.

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

**CRISTINA DE SOUZA REZENDE**

**MODELO DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE SOFTWARE EDUCACIONAL**  
**PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada à banca de defesa em 04 de março de 2013, conferindo ao autor o título de Mestre em Ensino de Ciências.

**Banca Avaliadora:**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tereza Gonçalves Kirner

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adriana Prest Mattedi

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Valéria Farinazzo Martins

Março de 2013

Itajubá - MG



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
Criada pela Lei nº 10.435, de 24 de abril de 2002

**A N E X O II**  
**FOLHA DE JULGAMENTO DA BANCA EXAMINADORA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS – MESTRADO**  
**PROFISSIONAL**

**Título da Dissertação:** “Modelo de Avaliação de Qualidade de Software Educacional para o Ensino de Ciências”

**Autora:** Cristina de Souza Rezende

**JULGAMENTO**

Examinadores	Conceito			Rubrica
	A=Aprovado	R=Reprovado	I=Insuficiente	
1º	A			
2º		A		
3º	A			

**Observações:**

- 1) O Trabalho será considerado Aprovado se todos os Examinadores atribuírem conceito A.
- 2) O Trabalho será considerado Reprovado se forem atribuídos pelos menos 2 conceitos R.
- 3) O Trabalho será considerado Insuficiente (I) se for atribuído pelo menos um conceito R. Neste caso o candidato deverá apresentar novo trabalho. A banca deve definir como avaliar a nova versão da Dissertação.
- 4) Esse documento terá validade de **60 dias a contar da data da defesa.**

Resultado Final:   A   Ou seja,   Aprovado  

Observações: \_\_\_\_\_

Itajubá, 04 de março de 2013.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Valéria Farinazzo Martins  
1ª Examinadora – Mackenzie

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adriana Prest Mattedi  
2ª Examinadora – UNIFEI

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tereza Gonçalves Kirner  
3ª Examinadora (Orientadora) – UNIFEI

## Dedicatória

A minha mãe **Maria Lúcia**, pela tolerância, paciência, dedicação e amor incondicional. Pela ajuda em todos os momentos de dificuldade e a me levantar nas horas que necessitei de apoio. Aos seus ensinamentos ao longo de minha vida que me ensinaram a prosseguir, um exemplo de bondade e humildade. Minha querida mãe, eu lhe amo. Dedico minhas vitórias a você!

Aos meus filhos **Sofia, Sarah e Kauã** por estarem sempre comigo me ajudando a enxergar a vida com a inocência de uma criança.

As minhas irmãs **Cybele e Cyntia** que por horas escutaram minhas leituras, pelo carinho de me fazerem enxergar a tolerância e o companheirismo.

À memória de meus avós, **Naildo e Irene Rezende**, que me ensinaram e educaram com princípio de respeito e alegria pela vida, o que sempre me fascinou.

A todos os meus familiares e amigos que perto ou longe acompanharam meus estudos e compreenderam minhas introspecções, ausências e contemplações.

Meu muito obrigado, a todos vocês, peças fundamentais de minha vida.

## Agradecimentos

A **Professora Dr<sup>a</sup> Tereza Gonçalves Kirner**, pelo convívio, a atenção e o rigor. Por me mostrar novas perspectivas e possibilidades e pela confiança que em mim depositou.

Aos **Professores do Curso de Pós-graduação** em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, por viabilizar o convívio com ensinamentos tão ricos.

As **Professoras Dr<sup>a</sup> Rita Stano e Dr<sup>a</sup> Adriana Prest Mattedi**, que tão atenciosamente deixaram rascunhadas opiniões tão ricas para acrescentar à minha pesquisa.

Ao **Professor Dr. Claudio Kirner**, que com suas ideias inovadoras e visionárias me ensinaram a perceber nas coisas mais simples como podemos transformar nossa vida.

Aos **Professores Dr. Mikael Frank Rezende Júnior e Dr. Luciano Silva** pela oportunidade de cursar o programa e agradecer pela atenção com que sempre me receberam.

Aos **colegas do Programa de Pós-graduação**, pelas trocas de ideias, diálogos e experiências vividas dentro e fora da sala de aula. Pelos risos e momentos de alegria, brincadeiras e piadas, pelas dificuldades vividas e superadas. O meu carinho por todos os momentos que estivemos juntos foi um prazer conhece-los e compartilhar essa experiência.

Aos **colegas José Mauro de Souza, Antônio Marcos de Souza, Aline Tiara Motta, Adriana Simões, Flávia Maria Carneiro Torres** que tão gentilmente colaboraram com ricas opiniões, meu muito obrigado.

Aos **meus queridos amigos, Reginaldo Aparecido Ferreira, Cecília Faria, Eliana Mendes, Lucimara Oliveira e tantos outros amigos (as)**, em especial, o meu inquietador, **Júlio César Silva de Souza** por todas as conversas, conselhos, brincadeiras e risos que colecionamos desde que nos conhecemos. Por todas as nossas boemias regadas de violão e cantoria. Porque rica é a vida e somos apaixonados em viver! Momentos inesquecíveis!

O meu carinho a **Rodolfo Bertolacini Silva Cantelmo** que me recebeu com tanta atenção no Laboratório Nacional de Astrofísica.

A todos os **meus alunos e colegas de trabalho da Escola Estadual Major Lisboa da Cunha** que sempre me foram fonte de grande aprendizado.

À **Secretaria de Educação do Estado de Minas Gerais** meus agradecimentos pela concessão de afastamento para cursar o programa e pela oportunidade de aprendizado.

À **CAPES** pela cessão de bolsa de estudos que viabilizaram o desenvolvimento deste trabalho.

E a todos àqueles que indiretamente colaboraram agregando em minha jornada.

“ Ninguém ignora tudo.  
Ninguém sabe tudo.  
Todos nós sabemos alguma coisa.  
Todos nós ignoramos alguma coisa.  
Por isso aprendemos sempre ”.

*Paulo Freire*

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	14
1.1 Contextualização da pesquisa	14
1.2 Objetivo e metodologia do trabalho	17
1.3 Importância e contribuições	18
1.4 Estrutura do trabalho	19
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	20
2.1 Métodos de avaliação de software educacional	20
2.2 Método TUP	21
2.2.1 Requisito de tecnologia	23
2.2.2 Requisito de usabilidade	24
2.2.3 Requisito de pedagogia	25
2.3 Outros métodos e técnicas de avaliação de software	26
2.3.1 Abordagem <i>Goal-Question-Metrics</i>	26
2.3.2 Heurísticas de Jacob Nielsen	29
2.3.3 Modelo da norma ISO de produto de software	30
2.3.4 Diferencial Semântico de Osgood	32
2.3.5 Método de Reeves	33
2.4 Ciência, ensino de ciências e teorias de ensino e aprendizagem	35
2.4.1 Ciência e ensino de ciências	35
2.4.2 Teorias de ensino de aprendizagem	38
<b>3. PROPOSTA DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS</b>	41
3.1 Visão geral do modelo	41
3.2 Definição do modelo de avaliação	45
3.2.1 Objetivos da avaliação	45
3.2.2 Definição das questões	46
3.2.2.1 Aspectos de pedagogia de software	48
3.2.2.2 Aspectos de ensino de ciências de software	49
3.2.2.3 Aspectos de usabilidade de software	50
3.2.2.4 Aspectos de tecnologia de software	51

3.3 Definição das métricas	52
3.3.1 Coleta das informações para a avaliação	52
3.3.2 Medidas das informações coletadas	55
3.4 Preparação dos instrumentos de avaliação	57
<b>4. EXPERIÊNCIAS DE UTILIZAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS</b>	<b>59</b>
4.1 Condução das Experiências de utilização do modelo PECTUS	59
4.1.1 Participantes	59
4.1.2 Softwares avaliados	60
4.1.2.1 Software Cartes Du Ciel	61
4.1.2.2 Software Geneious	62
4.1.2.3 Software ACD/ChemSketch 12.0	63
4.1.3 Realização das experiências com o modelo PECTUS	64
4.2 Avaliação dos softwares por meio do modelo PECTUS	65
4.2.1 Avaliação do software Cartes Du Ciel	65
4.2.2 Avaliação do software Geneious	75
4.2.3 Avaliação do software ACD/Chemsketch	86
4.3 Análise do modelo PECTUS	97
4.3.1 Aspectos positivos apresentados pelo modelo	98
4.3.2 Aspectos negativos apresentados pelo modelo	98
4.3.3 Sugestões dos participantes	99
4.4 Síntese dos resultados	99
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>114</b>

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo primordial apresentar o desenvolvimento do Modelo PECTUS, proposto para apoiar a avaliação e seleção de software educacional aplicado ao ensino e aprendizagem de ciências. O modelo foi definido a partir do estudo dos fundamentos teóricos e trabalhos correlatos existentes sobre o tema enfocado e sustenta-se em um conjunto de quatro requisitos – aspectos tecnológicos, aspectos de usabilidade, aspectos pedagógicos e aspectos do ensino de ciências, cada um deles composto por atributos específicos. O modelo proposto foi validado por meio de experiências de uso realizadas por um grupo de professores que atuam no ensino de ciências, em escolas públicas do ensino fundamental e médio, sendo identificados pontos positivos e dificuldades que serviram para refinar a versão inicial do modelo. O modelo produzido deverá ser disponibilizado, para que professores e educadores da área de ciências possam utilizá-lo e, desta forma, chegarem a escolhas mais acertadas dos softwares que serão adotados nas salas de aula. Em decorrência disso, espera-se que o uso desses softwares, selecionados com base no modelo, contribua para melhorar o ensino e aprendizagem de ciências em escolas dos níveis fundamental e médio.

**Palavras-chave:** Avaliação de qualidade de software educacional; Modelo de avaliação; Ensino e aprendizagem de ciências.

## ABSTRACT

This work aims at presenting the development of the PECTUS Model, proposed to support the evaluation and selection of educational software applied to science teaching and learning. The model was defined with basis on the study of theoretical foundations and related work on the focused theme. It considers a set of four requirements – technological, usability, pedagogical, and science teaching aspects, each one composed by specific attributes. The proposed model has been validated through experiments carried out by a group of teachers who works in science teaching in public schools, in the middle and high levels, and identified strengths and difficulties which served to refine the initial version of the model. The model will be made available to teachers and educators of science, who could use it and, thus, reach better choices of the software applications that will be adopted in classrooms. As a result, it is expected that the use of these software, selected based on the model, can contribute to improving the teaching and learning of science.

**Keywords:** Quality assessment of educational software; Evaluation model; Science teaching and learning.

## LISTA DE FIGURAS

2.1. Modelo TUP	22
2.2. Página on-line da Ferramenta TUP	22
2.3. Representação do processo GQM	28
2.4. Modelo ISO 9126 de qualidade de produto de software	31
2.5. Modelo ISO 25010 de qualidade de produto de software	31
2.6. Avaliação dos aspectos da interação humano-computador de um software educacional pelo método de Reeves	34
2.7. Avaliação dos aspectos pedagógicos de um software educacional pelo método de Reeves	34
3.1. Aspectos gerais dos principais conceitos do modelo	43
3.2. Modelo de avaliação de qualidade de software educacional para o ensino de ciências	44
3.3. Escala de cinco pontos da avaliação	53
3.4. Modelo da distribuição das métricas para o instrumento de avaliação	54
3.5. Gráfico do perfil dos aspectos da qualidade percebida para a avaliação dos atributos de ensino de ciências	57
4.1. Tela principal do software Cartes Du Ciel	61
4.2. Tela principal do software Geneious	62
4.3. Tela principal do software ChemSketch 12.0	63
4.4. Avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software Cartes Du Ciel	66
4.5. Avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do software Cartes Du Ciel	68
4.6. Avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” do software Cartes Du Ciel	70
4.7. Avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” do software Cartes Du Ciel	72
4.8. Gráfico das médias das notas dos atributos por avaliação do software Cartes Du Ciel	74
4.9. Avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software Geneious	77
4.10. Avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do software Geneious	79
4.11. Avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” do software Geneious	81
4.12. Avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” do software Geneious	83
4.13. Gráfico das médias das notas dos atributos por avaliação do software Geneious	85
4.14. Avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software ChemSketch	88
4.15. Avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do software ChemSketch	90

4.16. Avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” do software ChemSketch	92
4.17. Avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” do software ChemSketch	94
4.13. Gráfico das médias das notas dos atributos por avaliação do software ChemSketch	96

## LISTA DE QUADROS

2.1. Atributos referentes ao requisito de Tecnologia do Modelo TUP	24
2.2. Atributos referentes ao requisito de Usabilidade do Modelo TUP	25
2.3. Atributos referentes ao requisito de Pedagogia do Modelo TUP	26
2.4. Componentes da abordagem GQM	27
2.5. Heurísticas de Jacob Nielsen	30
2.6. Escala dos fatores de atitudes do diferencial semântico	33
3.1. Objetivos da avaliação de qualidade de software para o ensino de ciências	46
3.2. Requisitos e atributos de qualidade para a avaliação de software educacional para o ensino de ciências	47
3.3. Atributos relativos ao requisito de “Aspectos Pedagógicos”	48
3.4. Atributos relativos ao requisito de “Aspectos de Ciências”	49
3.5. Atributos relativos ao requisito de “Aspectos da Usabilidade”	50
3.6. Atributos relativos ao requisito de “Aspectos Tecnológicos”	51
3.7. Valores para os pontos constantes da escala	53
3.8. Categorização dos “Níveis de Qualidade” de software	56
4.1. Ficha de cadastro de avaliação do software Cartes Du Ciel	65
4.2. Valores obtidos para os “Aspectos de Pedagogia” do software Cartes Du Ciel	67
4.3. Valores obtidos para os “Aspectos de Ensino de Ciências” do software Cartes Du Ciel	69
4.4. Valores obtidos para os “Aspectos de Tecnologia” do software Cartes Du Ciel	71
4.5. Valores obtidos para os “Aspectos da Usabilidade” do software Cartes Du Ciel	73
4.6. Resultado das avaliações do software Cartes Du Ciel	75
4.7. Ficha de cadastro de avaliação do software Geneious	75
4.8. Valores obtidos para os “Aspectos da Pedagogia” do software Geneious	78
4.9. Valores obtidos para os “Aspectos de Ensino de Ciências” do software Geneious	80
4.10. Valores obtidos para os “Aspectos de Tecnologia” do software Geneious	82
4.11. Valores obtidos para os Aspectos da Usabilidade do software Geneious	84
4.12. Resultado das avaliações do software Geneious	86
4.13. Ficha de cadastro de avaliação do software ChemSketch	87
4.14. Valores obtidos para os “Aspectos da Pedagogia” do software ChemSketch	89
4.15. Valores obtidos para os “Aspectos de Ensino de Ciências” do software ChemSketch	91

4.16. Valores obtidos para os “Aspectos de Tecnologia” do software ChemSketch	93
4.17. Valores obtidos para os “Aspectos de Usabilidade” do software ChemSketch	95
4.18. Resultado das avaliações do software ChemSketch	97

## **LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS**

CBC – Currículo Básico Comum

GQM – Goal-Question-Metrics (Objetivo – Questão - Métrica)

LTDI – Learning Technologies Dissemination Initiative (Iniciativa de Disseminação de Tecnologias da Aprendizagem)

N.A.S.A - National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço)

PECTUS – Pedagogia, Ensino de ciências, Tecnologia e Usabilidade

QIP – Quality Improvement Paradigm (Paradigma de Melhoria da Qualidade)

TCC – Teoria das Cargas Cognitivas

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

TUP – Technology, Usability, Pedagogy (Tecnologia, Usabilidade, Pedagogia)

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

Com o uso crescente dos computadores e a evolução das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em diversos setores sociais, identifica-se a necessidade de se investir no reconhecimento da qualidade dos produtos de software, objetivando o uso adequado de tais recursos. O desenvolvimento, produção e lançamento de softwares no mercado são intensos, tornando sua seleção algo nada trivial para quem deles necessita.

Um fenômeno semelhante é verificado em relação ao emprego das TIC no ambiente escolar, por meio do uso de software educacional para realizar atividades de ensino e aprendizagem. A seleção dos softwares que mais se adequem aos objetivos e ao contexto enfocados necessita de um plano ou modelo avaliativo eficiente, que permita o reconhecimento da qualidade dos produtos de software considerados.

Segundo Milani (2001), *“o computador, símbolo e principal instrumento de avanço tecnológico, não pode mais ser ignorado pela escola. No entanto, o desafio é colocar todo o potencial dessa tecnologia a serviço do aperfeiçoamento do processo educacional (...)”*. Lopes, et al (apud GLADCHEFF et al, 2001) destacam estudos da interação profissional/sujeito/informática, enfatizando que esta última não pode ser restrita, devendo interagir com todas as disciplinas, em uma abordagem interdisciplinar.

Existem atualmente diversos tipos de softwares que podem colaborar com o usuário na execução de tarefas e obtenção de respostas para suas atividades, com a máxima eficiência. A complexidade com a qual cada ação é requerida, para cada tipo de usuário, aliada ao processo de uso de software educacional, requer uma análise de um conjunto de aspectos, que buscam identificar um bom produto de software para o ensino e aprendizagem de ciências.

De acordo com Mortimer (2006), o conteúdo curricular de ensino de ciências oferece elementos que substituem as concepções alternativas pelos conhecimentos científicos e estes, por sua própria natureza, oferecem obstáculos quanto à abstração para o entendimento de seus

modelos empíricos. Tal fato apoia o uso de softwares educacionais para promover essas abstrações próprias do ensino de ciências.

Uma combinação de modelos teóricos de aprendizagem e cognição permite compreender a concepção do software educacional como ferramenta para o ensino e aprendizagem. Vergnaud (1997) afirma que um conceito é progressivamente aprendido por um indivíduo, na medida em que este domina mais e mais as situações que o tornam significativo, justificando, assim, o uso de recursos de TIC no ensino para simular estas situações.

Piaget (2002) oferece explicações sobre a aprendizagem do indivíduo, os elementos da ação educacional e a melhoria dos métodos pedagógicos. O autor destaca a importância de técnicas que orientem o projeto educacional, enfatizando a importância crucial da educação para a civilidade social, de maneira que o indivíduo possa construir e organizar as atividades humanas.

O termo construção, no contexto do estudo da educação, está ligado à teoria sócio interacionista de Vygotsky (1962), com a ideia do construtivismo. Neste contexto, considera-se que o sujeito é o agente ativo de sua cognição, podendo haver a colaboração de um parceiro mais capaz para nortear a elaboração dos esquemas necessários para o desenvolvimento de sua aprendizagem.

Outras teorias, como a teoria das cargas cognitivas, permitem entender o movimento atual da educação e de como as tecnologias podem interferir nos processos de aprendizagem de um indivíduo. Chandler e Sweller (1991) explicam como a demanda de atenção requerida em atividades cognitivas, realizadas por um indivíduo, pode influenciar sua aprendizagem.

Morin (2000), com o paradigma de complexidade, permite analisar o universo de conhecimentos que o sujeito mobilizou, ao interagir com ferramentas tecnológicas em seu processo de aprendizagem, que sempre está em um movimento contínuo de retroalimentação, característica presente na sociedade atual.

Considerando o contexto anteriormente explanado, com o uso de recursos de TIC adequados, a escola atualiza suas técnicas, aprimora sua função e incorpora elementos racionalizadores aos processos de ensino e aprendizagem, em busca de eficiência, mas sem alterar suas finalidades. A crescente utilização de software educacional é uma tendência que

não pode ser ignorada e que necessita de uma discussão que contribua para a prática pedagógica.

Contudo, Meira (1998) afirma que, mais importante do que o software em si é o modo como ele será utilizado, pois nenhum software é, em termos absolutos, um bom software.

O uso de software educacional para o ensino de ciências é compatível com a aplicação de um modelo didático-tecnológico para o ensino nesta área, permitindo a inserção da escola ao novo contexto socioeconômico. Tal contexto é constantemente influenciado pelo desenvolvimento técnico-científico, que surge com novidades o tempo todo, oferecendo uma quantidade elevada de informações, fazendo com que o conhecimento passe por uma ressignificação quase que instantânea.

O uso de software educacional permite um ganho significativo na otimização da transmissão de informações. Além disso, esses softwares podem promover interação e integração orientadas, levando a uma adequação aos novos pressupostos da ação de ensinar e aprender, conforme relatos de trabalhos da ação docente do século XXI (PERRENOUD, 2000).

Para os educadores que desenvolvem atividades de ensino e aprendizagem utilizando recursos de TIC, torna-se necessária a definição de um processo consistente para a escolha de softwares de boa qualidade. Neste contexto, torna-se essencial analisar a qualidade em suas diferentes dimensões, como um conceito multidimensional, possível de ser aferido por meio de um conjunto de critérios, conforme afirma Freitas, citado por Rocha (1993).

É fundamental haver um modelo que ofereça diretrizes para que o educador, durante o processo de seleção de um software educacional, consiga detectar os produtos que melhor se ajustem ao contexto que irá atuar, para que o ensino e aprendizagem sejam impactados positivamente.

Através de conceitos obtidos de estudos relevantes sobre avaliação de software educacional, notadamente para a área de ciências, foi possível definir uma base contextualizada, que possibilitou a definição de um modelo para avaliação de software educacional aplicado ao ensino de ciências, que é o objetivo primordial desta dissertação de mestrado.

O modelo ora proposto compreende uma estrutura que considera requisitos de qualidade relativos a aspectos de tecnologia, usabilidade, pedagogia e ensino de ciências. Para cada um destes requisitos, foram definidos atributos próprios, compondo-se, assim, um todo fortemente coeso de partes complementares e inter-relacionadas.

## **1.2. OBJETIVO E METODOLOGIA DO TRABALHO**

O objetivo básico desta pesquisa de mestrado é propor um modelo de avaliação de qualidade de software educacional para o ensino de ciências, definido com base em conceitos e critérios de qualidade discutidos e adotados. O modelo proposto sustenta-se em um conjunto de quatro requisitos – aspectos de tecnologia, aspectos de usabilidade, aspectos de pedagogia e aspectos de ensino de ciências. Além disso, o modelo proposto foi experimentado por um grupo de professores que atuam no ensino de ciências, em escolas públicas do ensino fundamental e médio, sendo identificados pontos positivos e dificuldades que serviram para refinar a versão inicial do modelo.

É importante destacar que, para experimentar e validar o modelo, foram convidados professores que ministram conteúdos de física, química e biologia, considerados temas tradicionalmente inseridos no domínio das ciências, nos ensino fundamental e médio.

A realização do estudo compreendeu as seguintes etapas:

- Pesquisa Bibliográfica. Esta etapa envolveu levantamento de informações e análise dos temas considerados relevantes para a pesquisa, incluindo, principalmente: conceitos, métodos e técnicas relativos à avaliação de software educacional; teorias de ensino e aprendizagem; e contexto e especificidade do ensino e aprendizagem de ciências.
- Definição do Modelo. Nesta etapa, o referencial teórico estudado foi utilizado como base para o detalhamento do Modelo PECTUS, proposto para avaliação de softwares educacionais aplicados ao ensino de ciências.

- **Validação do Modelo.** Nesta etapa, em um primeiro momento o modelo proposto foi experimentado por nove professores de ciências de escolas públicas, sendo três professores de física, três de química e três de biologia. Os professores usaram o modelo para avaliar softwares de sua área de atuação e, a partir dessas experiências, identificaram pontos positivos e dificuldades do modelo.
- **Resultados.** Esta etapa compreendeu a análise das experiências realizadas pelos professores com o uso dos softwares educacionais. O próprio Modelo PECTUS foi adotado para a identificação e representação dos resultados obtidos nas avaliações dos softwares feitas pelos professores. Além disso, o modelo foi criticado pelos professores, o que possibilitou a realização de ajustes e melhorias na versão inicialmente proposta.
- **Conclusão da Pesquisa e Redação Final da Dissertação.** Nesta etapa final, foram sintetizadas as conclusões do estudo, destacando-se as contribuições da pesquisa e possíveis desdobramentos e trabalhos futuros para o tema estudado.

### **1.3. IMPORTÂNCIA E CONTRIBUIÇÕES**

A ampla e crescente demanda do uso de TIC na educação, destacando-se aqui a aplicação de softwares educacionais para o ensino e aprendizagem de ciências, reforça a necessidade de se investir na geração de métodos para apoiar a seleção desses softwares. Neste contexto, a pesquisa ora abordada torna-se importante.

Existe um número significativo de trabalhos publicados, dentre os quais destacam-se os estudos citados neste trabalho. No entanto, não há referência, em nenhum destes estudos, a um modelo de avaliação de software educacional voltado para o ensino de ciências, capaz de apoiar os profissionais da educação da referida área. A contribuição para suprir essa necessidade representa o principal diferencial do presente trabalho.

A contribuição imediata, pretendida com a pesquisa, é, portanto, a definição de um modelo para a avaliação de softwares educacionais aplicados ao ensino de ciências. O modelo produzido deverá ser disponibilizado, para que professores e educadores envolvidos na

seleção desses softwares possam utilizá-lo e, desta forma, chegarem a escolhas mais acertadas dos softwares que serão adotados nas salas de aula. Em decorrência disso, espera-se que o uso desses softwares, selecionados com base no modelo proposto, contribua para melhorar o ensino e aprendizagem de ciências nas escolas dos níveis fundamental e médio.

## **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O capítulo 2 contém a fundamentação teórica da pesquisa, apresentando os estudos realizados sobre o tema da dissertação, que serviram de base para o desenvolvimento do Modelo PECTUS para Avaliação de Qualidade de Software Educacional para o Ensino de Ciências, objetivo principal desta dissertação.

O capítulo 3 detalha o modelo de avaliação proposto, destacando sua base conceitual e o processo de avaliação por ele incorporado.

O capítulo 4 apresenta a validação do modelo proposto, discutindo as experiências de utilização do mesmo por professores de ciências que atuam no ensino fundamental e médio.

Finalmente, o capítulo 5 apresenta as conclusões da pesquisa, destacando os resultados do trabalho, as contribuições obtidas e futuros desdobramentos que poderão resultar desta dissertação.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo sumariza os estudos realizados sobre o tema da dissertação, que serviram de base para o desenvolvimento do Modelo PECTUS para Avaliação de Qualidade de Software Educacional para o Ensino de Ciências, objetivo principal da pesquisa.

A seção 2.1 apresenta uma visão geral sobre métodos, modelos e estudos de avaliação de software orientados para aplicações educacionais.

A seção 2.2 enfoca o modelo TUP, tratando dos requisitos de tecnologia, usabilidade e pedagogia referentes a softwares educacionais.

A seção 2.3 apresenta uma visão geral de outros métodos relevantes para a avaliação de software, destacando o Modelo GQM (*Goal-Question-Metrics*), as heurísticas propostas por Nielsen, os Modelos de Avaliação de Produtos de Software propostos nas Normas ISO 9126 e 25010, a técnica do Diferencial de Osgood e o Método de Reeves.

Finalmente, a seção 2.4 aborda teorias que definem as ciências e seu ensino e aprendizagem.

### 2.1. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE EDUCACIONAL

Um método compreende toda ordenação de tarefas, procedimentos e etapas que são realizadas para se atingir uma meta. Também é sinônimo de ordem, coordenação ou técnica. Pode-se, além disso, entender um método como sendo um conjunto de obras que reúne, de maneira lógica, os elementos de uma ciência (FERREIRA, 2002).

O estudo sobre métodos de avaliação de software envolve um modo sistemático de análise de métodos, modelos, produtos e ferramentas, que resultem em contribuições efetivas para a determinação da qualidade de um software.

A realização de estudos empíricos subsidia uma base de conhecimento confiável, reduzindo dúvidas sobre, por exemplo, quais os métodos, modelos ou ferramentas são os mais adequados para apoiarem o processo de avaliação e seleção de determinado software ou classe de software.

Os modelos ou métodos orientados para a avaliação de software educacional, além de levarem em conta os requisitos exigidos por softwares em geral, devem também atender a exigências específicas do ensino e aprendizagem.

## 2.2. O MODELO TUP

O modelo TUP, do inglês *Technology, Usability and Pedagogy*, destaca a importância de se avaliar e selecionar cuidadosamente um software educacional, através de uma abordagem interdisciplinar que compreende aspectos de tecnologia, usabilidade e pedagogia, integrados em um método de avaliação.

Segundo Bednarik (2002), o motivo do desenvolvimento do modelo TUP foi a necessidade de avaliar adequadamente a interseção entre a computação e a educação, para a criação de um método de avaliação de software educacional que permitisse aos educadores selecionar softwares de seu interesse, a partir de um conjunto estruturado de critérios. Tal objetivo é importante, uma vez que, devido à diversidade de produtos de software disponíveis, o professor, muitas vezes, não possui informações suficientes para uma seleção coerente e que leve a impactos positivos para o ensino e aprendizagem.

Um requisito é uma condição que se deve satisfazer para determinado fim, é uma exigência para que o processo possa ter andamento. Os requisitos adotados pelo método TUP determinam a validação de sua qualidade. Os itens presentes em cada requisito, os atributos, conferem o que é próprio como característica imprescindível à qualidade de cada requisito.

A figura 2.1 apresenta um esboço do Método TUP, destacando os três requisitos por ele considerados (Tecnologia, Usabilidade e Pedagogia), cada qual com os atributos a ele relacionados.

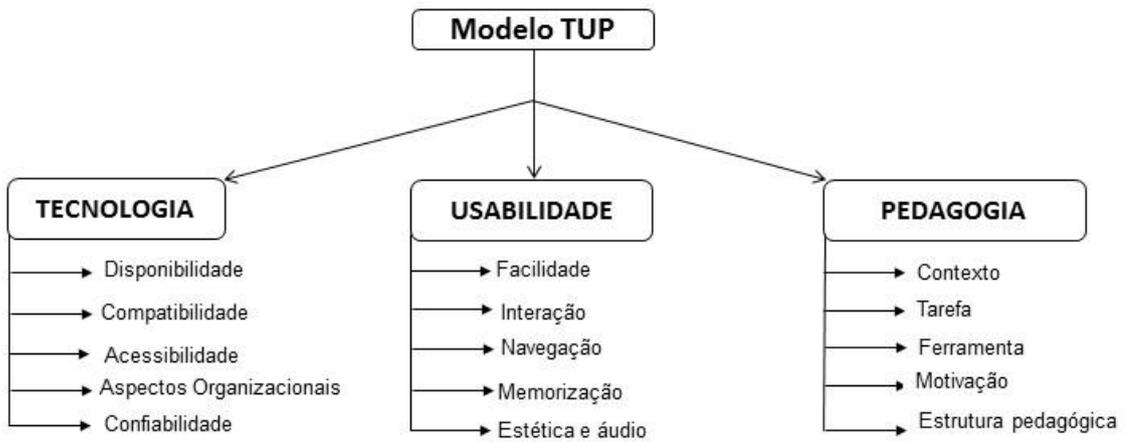


Figura 2.1 - Modelo TUP adaptado de Bednarik, 2004

A partir do modelo, foi desenvolvida uma ferramenta de software, também denominada TUP (BEDNARIK, 2004), que tem por finalidade apoiar a realização de avaliações de softwares educacionais, de acordo com o modelo proposto. A ferramenta de avaliação do TUP está acessível via *online*, através de um endereço eletrônico. Os usuários interessados, ao acessar a ferramenta, deverão realizar um cadastro e, a partir deste, fazer suas avaliações e também consultar outras avaliações já realizadas e armazenadas.

A figura 2.2 apresenta a tela inicial da ferramenta TUP.

A imagem mostra a interface web da ferramenta TUP online. No topo, há uma barra de navegação com o título "TUP online" e um menu contendo "LOGIN", "APPLICATION", "REGISTER", "ABOUT" e "PUBLICATIONS".

Na seção principal, o título "TUP online" é exibido, seguido pelo subtítulo "Technology-Usability-Pedagogy (TUP)". Abaixo, há o texto "Online evaluation service" e campos para "User" e "Password", com um botão "LOGIN".

Na parte inferior da seção principal, há links para "New user? Register here." e "Lost your password?".

À direita, há uma seção "What's new" com o seguinte conteúdo:

- Feb 2006 Functionality around summary of review improved. Usability? ;)
- Summer 2004 A paper about TUP was published.
- 14.4.2004 Work on TUP improvements started
- 20.6.2003 Free access to reviews and applications
- 12.6.2003 Usability evaluation of TUP performed
- TUP is under testing

Na base da página, há uma barra de navegação idêntica à do topo.

Figura 2.2 - Página *online* da Ferramenta TUP (Bednarik, 2004)

Fonte: <http://cs.joensuu.fi/~tup/>

Conforme explanado por Bednarik (2002), a ferramenta TUP coleta as informações necessárias à avaliação do software considerado, por meio de um questionário que utiliza a abordagem LTDI - *Learning Technology Dissemination Initiative* (MORGEY, 1998), segue com uma linguagem neutra para cada requisito a ser tratado, a fim de não interferir na decisão do usuário interessado.

O conjunto de questionários da ferramenta TUP utiliza técnicas de aferição baseadas nos conceitos concordo/discordo associados a uma Escala Likert (LIKERT, 1932).

A Escala Likert é uma escala em que os usuários são solicitados não só a concordarem ou discordarem das afirmações, mas também informarem qual o seu grau de concordância ou discordância. A cada resposta, é atribuído um valor que reflete a direção (positiva ou negativa) da atitude do usuário em relação a cada afirmação ou questionamento. A pontuação da atitude de cada usuário é dada pela somatória das pontuações obtidas de cada afirmação (KINNEAR, 1991; SARAIVA, 2006).

O questionário adotado na ferramenta TUP é do tipo *checklist* e aborda os requisitos e atributos que devem estar presentes no software educacional sob análise, para, a partir daí, se identificar o nível de qualidade do software e as falhas identificadas. Permite também que o usuário faça comentários em formato livre, sobre o software que está sendo avaliado.

### **2.2.1. REQUISITO DE TECNOLOGIA**

Ao considerar os aspectos tecnológicos em uma avaliação de qualidade de software educacional, o modelo TUP proporciona uma revisão do produto de software, de maneira a indicar se os atributos oferecidos por este estão em conformidade com atributos e características técnicas consideradas relevantes.

Bednarik (2002) considera os aspectos tecnológicos dos sistemas sob o ponto de vista da aceitabilidade prática dentro da perspectiva das influências das tecnologias para o desempenho humano. O método de inspeção do requisito da tecnologia considera fatores de disponibilidade e compatibilidade e as possíveis influências dos equipamentos, sistemas e

softwares aos usuários. É uma avaliação que busca reconhecer os recursos disponíveis para executar as atividades propostas.

Na ferramenta TUP, o requisito referente à tecnologia é avaliado por meio de 26 perguntas, que enfocam os atributos o compõem.

O quadro 2.1 apresenta a descrição resumida dos atributos da tecnologia.

Quadro 2.1 - Atributos referentes ao requisito de Tecnologia do Modelo TUP

<b>Atributos</b>	<b>Definições</b>
<b>Disponibilidade</b>	Refere-se à garantia de que a informação esteja disponível para uso, durante o maior período de tempo possível.
<b>Compatibilidade</b>	Refere-se a exigências implícitas, relacionadas com o funcionamento do software em diferentes plataformas computacionais.
<b>Acessibilidade</b>	Refere-se à possibilidade do uso do software por grupos de usuários com diferentes perfis e necessidades.
<b>Aspectos Organizacionais</b>	Refere-se a questões de planejamento, monitoramento e integração das tarefas apoiadas pelo software, sob a perspectiva tecnológica.
<b>Confiabilidade</b>	Refere-se à garantia de exigências de segurança em todos os aspectos, estimação e previsão de integridade, confidencialidade e autenticidade.

### 2.2.2. REQUISITO DE USABILIDADE

A usabilidade, de acordo com o modelo TUP, compreende atributos considerados pela engenharia de software e pela interação humano computador. Neste contexto, Bednarik (2002) define a usabilidade como a facilidade que os utilizadores possuem quando interagem com um software.

As questões de usabilidade do modelo TUP consideram um domínio ou contexto específico, que é o das aplicações educacionais. Sendo assim, os potenciais usuários vislumbrados pela ferramenta envolvem aqueles profissionais (professores e educadores em geral) interessados em avaliar softwares a serem utilizados para apoiar o ensino e aprendizagem nas mais diferentes áreas.

O modelo TUP avalia a usabilidade de um software educacional através de 26 questões, relativas aos atributos que caracterizam tal requisito.

O quadro 2.2 destaca atributos de usabilidade considerados pelo modelo TUP.

Quadro 2.2 - Atributos referentes ao requisito de Usabilidade do Modelo TUP

<b>Atributos</b>	<b>Definições</b>
<b>Facilidade</b>	Refere-se a quão rapidamente e de forma descomplicada o usuário consegue explorar o software e realizar suas tarefas.
<b>Interação</b>	Refere-se à maneira pela qual o usuário se relaciona com o software, entende os comandos e realiza as tarefas de seu interesse.
<b>Navegação</b>	Refere-se aos “caminhos” exigidos para explorar o sistema, sem alterar o seu estado atual, de acordo com as exigências específicas para uma tarefa.
<b>Memorização</b>	Refere-se a recursos que o software oferece para que o usuário memorize aspectos de seu funcionamento, permitindo a utilização por usuários ocasionais ou após um intervalo de tempo relativamente longo.
<b>Estética/áudio</b>	Refere-se a aspectos que imprimem ao software uma visualização agradável e recursos de áudio adequados, que deixem o usuário satisfeito.

### 2.2.3. REQUISITO DE PEDAGOGIA

Para definir o requisito pedagógico de um software educacional, Bednarik (2002) levou em conta três teorias, que tratam de como os indivíduos aprendem: a Teoria da Aprendizagem Humana, a Teoria da Aprendizagem Comportamental e a Teoria do Desenvolvimento Cognitivista. Além disso, o autor considerou aspectos associados à instrução assistida por computador.

As questões presentes na avaliação pedagógica do TUP analisam características como a interação, o diálogo, a percepção e o processamento de informações, salientando a importância que os ambientes sociais exercem na aquisição de conhecimento. A instrução mediada pelas TIC oferece um avanço significativo, na atualidade, na forma com a qual o ensino e aprendizagem são regidos, inserindo uma contextualização social de aprendizagem construtivista e de novos significados para o desenvolvimento cognitivo do estudante.

O modelo TUP avalia as exigências pedagógicas de um software educacional através de 42 questões, relacionadas aos atributos que caracterizam tal requisito.

O quadro 2.3 destaca os atributos que compõem o requisito Pedagogia, no modelo TUP.

Quadro 2.3 - Atributos referentes ao requisito de Pedagogia do Modelo TUP

<b>Atributos</b>	<b>Definições</b>
<b>Contexto</b>	Refere-se aspectos multiculturais e multilíngues, que devem ser capazes de propiciar uma aquisição de conhecimento amplo e com diversidade etno-cultural.
<b>Tarefa</b>	Refere-se às atividades que compõem o ambiente de aprendizado, incluindo os meios, ajustes e condições que conduzem ao alcance do objetivo da aprendizagem.
<b>Ferramentas</b>	Refere-se a instrumentos que possibilitam a compreensão dos processos pedagógicos específicos de aprendizagem
<b>Estrutura pedagógica</b>	Refere-se ao suporte oferecido pelo software para o gerenciamento de materiais instrucionais, que ofereçam perspectivas dos estilos e processos de aprendizagem
<b>Motivação</b>	Refere-se à capacidade do software de despertar o interesse intuitivo, de incentivar a conduzir e a cumprir os objetivos da aprendizagem.

## **2.3. OUTROS MÉTODOS E TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE**

### **2.3.1. ABORDAGEM *GOAL-QUESTION-METRICS* (GQM)**

Segundo Basili (1994), GQM é uma abordagem aplicada à elaboração e execução de planos de avaliação de produtos e processos de software. Define uma avaliação orientada por metas, definida por meio de três componentes: os objetivos da avaliação, questões propostas para se avaliar o produto ou processo e as métricas a serem empregadas para medir aspectos desse produto ou processo.

Esta abordagem pioneira, surgiu como suporte para avaliar a qualidade de softwares utilizados pela N.A.S.A (NASA, 1994), entre as décadas de 1970 e 1980, sendo considerado um paradigma do tipo QIP - *Quality Improvement Paradigm* (BASILI apud WANGENHEIM, 1999).

O quadro 2.4 descreve e define os elementos chaves da abordagem GQM.

Quadro 2.4 - Componentes da Abordagem GQM

<b>Componentes</b>	<b>Definições</b>
<b>Objetivos</b>	O objetivo do plano de avaliação de software é detalhado em termos de quatro elementos: objeto, propósito, foco de qualidade, ponto de vista e ambiente.
<b>Questão</b>	Cada um dos objetivos propostos deve ser avaliado por meio de, pelo menos, uma questão.
<b>Métrica</b>	A resposta obtida para cada questão formulada deve ser passível de medição, utilizando-se, para isso uma métrica quantitativa ou qualitativa.

O GQM é uma abordagem de propósito geral, que pode ser utilizada para elaborar planos de avaliação de softwares pertencentes a qualquer área de aplicação, como softwares educacionais, por exemplo. Um estudo de caso utilizando GQM na avaliação da qualidade de software para o ensino de matemática, como discutido por Gladcheff (2001). O estudo descreve o processo de construção de um instrumento de avaliação, criado de acordo com a sequência objetivo-questão-métrica, indicado para avaliar a qualidade de softwares educacionais de matemática, voltados ao ensino fundamental.

Estudos realizados sobre a avaliação de software para a área agrícola (SARAIVA, 2006), destacou a abordagem GQM como um meio para auxiliar a elaboração de planos de avaliação através de características principais como, por exemplo, a capacidade de adaptação aos objetivos e particularidades de cada plano de avaliação, com a finalidade de garantir os requisitos e atributos desejáveis aos produtos enfocados.

A abordagem GQM permeia todas as etapas de uma avaliação que incluem o planejamento da avaliação, a execução do plano de avaliação e as experiências obtidas durante a execução do plano de avaliação.

Ao se ater a algumas definições, observa-se que a abordagem GQM executa planos de avaliação com os seguintes princípios:

- A tarefa de análise deve ser definida através da definição da meta (objetivos) da avaliação;
- As medidas (métricas) são definidas com base nas metas e perguntas;

- Cada medida deve ter um fundamento lógico, que justifique a coleta de dados e guie as análises e interpretações, devendo ser devidamente documentadas;
- Devem ser coletados dados que possibilitem responder às questões e, para interpretar esses dados, são empregadas as medidas ou métricas.
- Os usuários que utilizarão os resultados dos planos de avaliação precisam estar envolvidos com a definição e interpretação. Estes são os reais peritos, relacionados ao objeto investigado, ao foco de qualidade do plano de avaliação, ao ponto de vista da avaliação e ao ambiente considerado.

A figura 2.3 ilustra as etapas a serem percorridas para a execução de um plano de avaliação GQM.

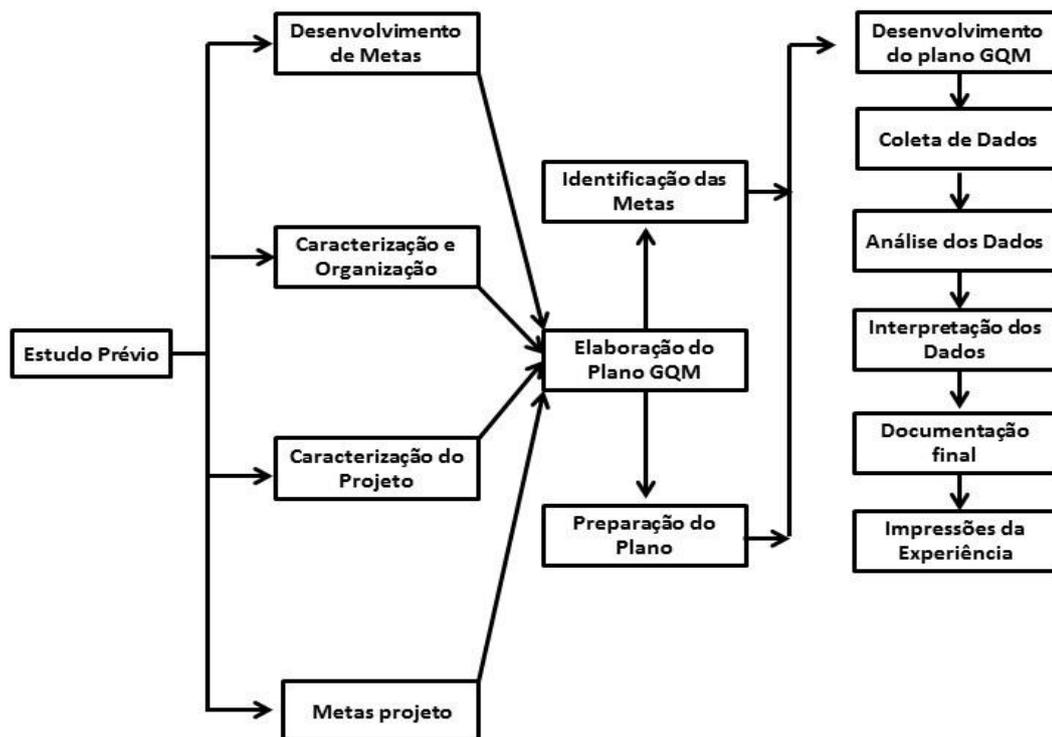


Figura 2.3 - Representação do processo GQM adaptado de Basili (1994)

Existem vários trabalhos relacionados à avaliação de software utilizando esta abordagem que comprovam a eficácia do paradigma e seu uso para a área educacional como relatado nos trabalhos de Gladcheff (2001), Saraiva (2006) e Custódio (2008).

### **2.3.2. HEURÍSTICAS DE JACOB NIELSEN**

As Heurísticas de Nielsen (NIELSEN, 1994) compreendem dez critérios, propostos para avaliar a usabilidade de software, no que diz respeito à interação humano-computador. Conforme defendido pelo autor, a qualidade da interação do usuário com o software foi se tornando cada vez mais importante, à medida que o custo dos computadores foi diminuído e esses equipamentos se tornaram mais acessíveis a um maior número de usuários.

A avaliação da usabilidade de software pode ser realizada de três formas distintas: teste da usabilidade, inspeção da usabilidade e inquérito da usabilidade. Porém, alguns avaliadores o fazem pelo método heurístico, que consiste em se avaliar o software com base em um conjunto de critérios previamente estabelecidos. Estes critérios, segundo Nielsen (1994), representam as heurísticas de usabilidade.

Nielsen propõe um conjunto de dez heurísticas para guiar a avaliação de usabilidade de software e pressupõe a participação de especialistas, que se responsabilizarão pela avaliação. Esses especialistas executam tarefas típicas do software, a fim de identificar possíveis problemas de usabilidade e propor soluções compatíveis com as necessidades dos potenciais usuários.

O quadro 2.5 apresenta as heurísticas definidas por Nielsen para a usabilidade de software.

Quadro 2.5 - Heurísticas de Jacob Nielsen adaptado de Nielsen (1994)

<b>Heurísticas</b>	<b>Definição</b>
<b>Diálogo Simples e Natural</b>	As interfaces do usuário devem ser as mais simples possíveis.
<b>Linguagem do Usuário</b>	A terminologia da interface deve usar uma linguagem compatível com o usuário.
<b>Minimizar a sobrecarga de memória do usuário</b>	Os elementos de diálogo devem possibilitar respostas imediatas, com um mínimo esforço para o usuário.
<b>Consistência</b>	Um mesmo comando ou ação deverá produzir sempre o mesmo efeito.
<b>Flexibilidade e eficiência de uso</b>	O tempo de resposta em que o sistema deve informar continuamente o usuário deverá ser o mínimo possível.
<b>Saídas claramente marcadas</b>	A interface do usuário deve oferecer facilidade para sair das situações, para que o usuário possa controlar suas ações.
<b>Atalhos</b>	A interface deve permitir que operações frequentemente usadas possam ser acessadas e executadas rapidamente.
<b>Boas mensagens de erro</b>	As mensagens de erro devem ser claras, sem códigos, precisas e úteis para a solução dos problemas indicados.
<b>Prevenir erros</b>	A interface deve evitar situações que possam provocar erros por parte do usuário, dificultando a ocorrência de tais erros.
<b>Ajuda e Documentação</b>	O software deve ser fácil de utilizar, de tal forma que dispense, ao máximo, ajuda e consulta a documentação.

### 2.3.3. MODELO DA NORMA ISO DE PRODUTO DE SOFTWARE

Segundo Koscianski (2006), as várias partes que compõem a norma NBR ISO/IEC apresentam, de maneira geral, os instrumentos necessários para realizar uma avaliação de software, descrevendo como medir qualitativamente e quantitativamente a qualidade do produto.

De acordo com a NBR ISO/IEC 9126-1(ABNT, 2003), a qualidade diz respeito à "totalidade de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas". As necessidades explícitas dependem da especificação dos requisitos referentes às condições na qual o produto deve ser utilizado, seus objetivos, funções e o desempenho esperado. As implícitas são necessidades que, embora não estejam especificadas nos requisitos, devem ser levadas em consideração, pois se baseiam em princípios básicos e óbvios, necessários para que o usuário execute a sua tarefa.

A NBR ISO/IEC 9126 (ABNT, 2003) baseia-se em seis características de qualidade, cada qual, por sua vez, composta por sub-características, conforme apresentado na figura 2.4.

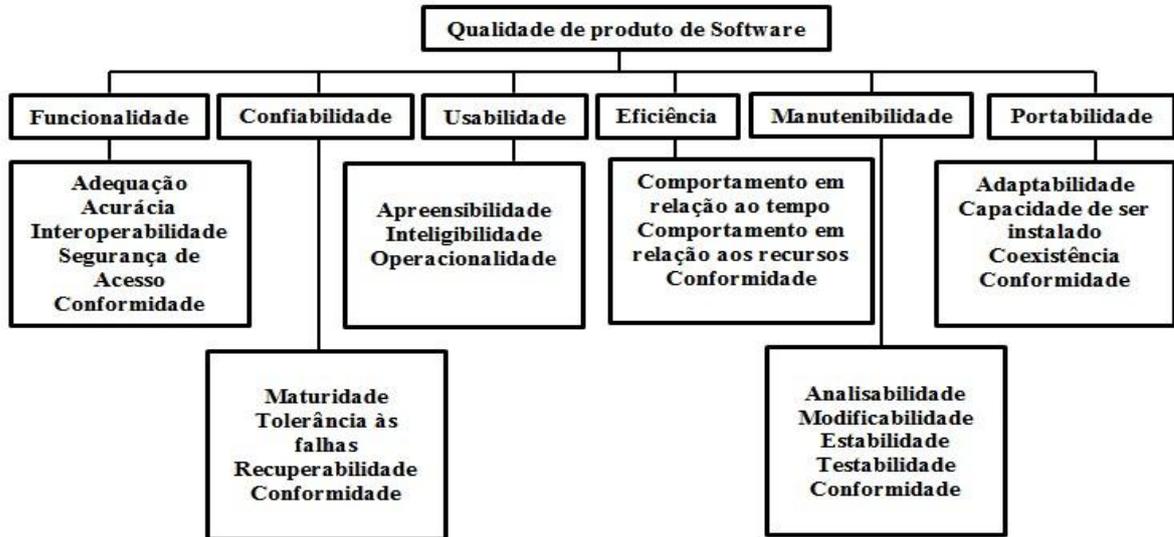


Figura 2.4 - Modelo ISO 9126 de Qualidade de Produto de Software (ABNT, 2003)

A NBR ISO/IEC 25010 (ABNT, 2011) é a mais recente norma de produto de software. Ela propõe oito características de qualidade a serem atendidas por um software, duas a mais do que estabelece a norma anterior. Essas características e sub-características associadas são mostradas na figura 2.5.

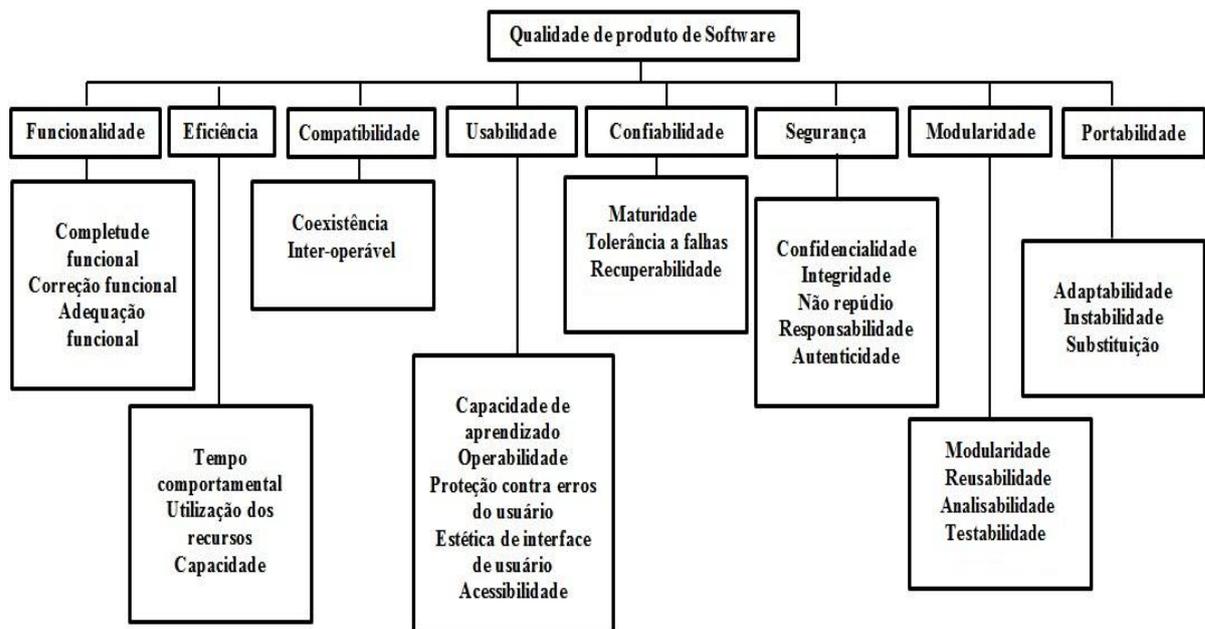


Figura 2.5 – Modelo ISO 25010 de Qualidade de Produto de Software (ABNT, 2011)

As características e sub-características, definidas pelos dois modelos ISO, representam um referencial relevante para os estudos sobre avaliação da qualidade de softwares em geral, independente do domínio de aplicação dos mesmos.

#### **2.3.4. DIFERENCIAL SEMÂNTICO DE OSGOOD**

Esta é uma técnica que se destina a medir e registrar atitudes de pessoas, sobre determinados conceitos que se deseja avaliar. Para isso, Osgood propôs o uso de uma escala contínua de sete pontos, com categorização apenas dos pontos extremos (OSGOOD, 1967; PEREIRA, 2004).

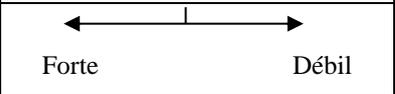
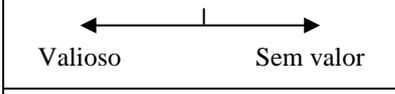
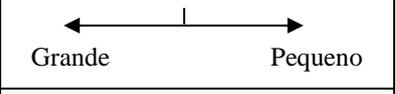
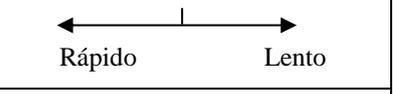
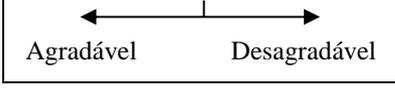
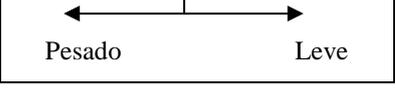
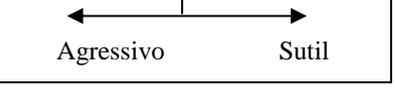
De acordo com a técnica, os conceitos são apresentados em uma sequência vertical, em que cada linha refere-se a um conceito e cada extremo da linha leva a um rótulo de significado oposto ao outro extremo. Os pontos marcados pelo sujeito avaliador para cada conceito tomam tendências para um ou outro lado da escala e a representação gráfica resultante é analisada com a finalidade de se identificar padrões semânticos.

Para um uso bem sucedido do diferencial semântico de Osgood, é essencial que se defina pares de adjetivos bipolares, representativos e compatíveis com os critérios pertinentes aos objetivos do que se quer avaliar. Esses adjetivos devem promover ao avaliado um entendimento claro, breve e preciso.

Estudos psicométricos (BRANDALISE, 2005) confirmam a eficácia desta técnica, como instrumento capaz de descobrir e precisar as dimensões da variabilidade comum e que podem ser associadas a certo campo de fenômenos da comunicação pedagógica, os quais recebem o nome de fatores. Esses fatores incluem: Fator Valorativo; Fator de Potência e Fator de Atividade.

O quadro 2.6 apresenta a definição de uma possível utilização do Diferencial Semântico de Osgood.

Quadro 2.6 - Escala dos fatores de atitudes do Diferencial Semântico (Osgood, 1967)

<b>Fator Valorativo</b>	<b>Fator de Potência</b>	<b>Fator de Atividade</b>
		
		
		

### 2.3.5. MÉTODO DE REEVES

Reeves (1998) desenvolveu um método que envolve duas abordagens de avaliação de qualidade de software educacional. A primeira abordagem visa avaliar a qualidade do software educacional, relacionada aos aspectos pedagógicos, utilizando, para isso, quatorze critérios (ver Anexo A). A segunda abordagem objetiva avaliar a qualidade do software, referente aos aspectos da interação humano-computador, utilizando dez critérios (ver Anexo B).

O método colhe informações de avaliadores sobre a qualidade do software, utilizando cada um dos critérios propostos e, a partir dos valores atribuídos a cada critério, é construído um gráfico ligando os pontos demarcados, relacionando-os em uma escala linear.

Esta escala baseia-se em extremos descritos como negativo (esquerda) e positivo (direita), indicando conceitos antagônicos, relativos a cada critério. A conclusão da avaliação se dá ao ligar, verticalmente, os pontos assinalados em cada escala e a análise da disposição do gráfico indicam os conceitos mais positivos ou mais negativos.

A figura 2.6 exemplifica a utilização do Método de Reeves na avaliação dos aspectos de interação humano-computador de um software educacional.

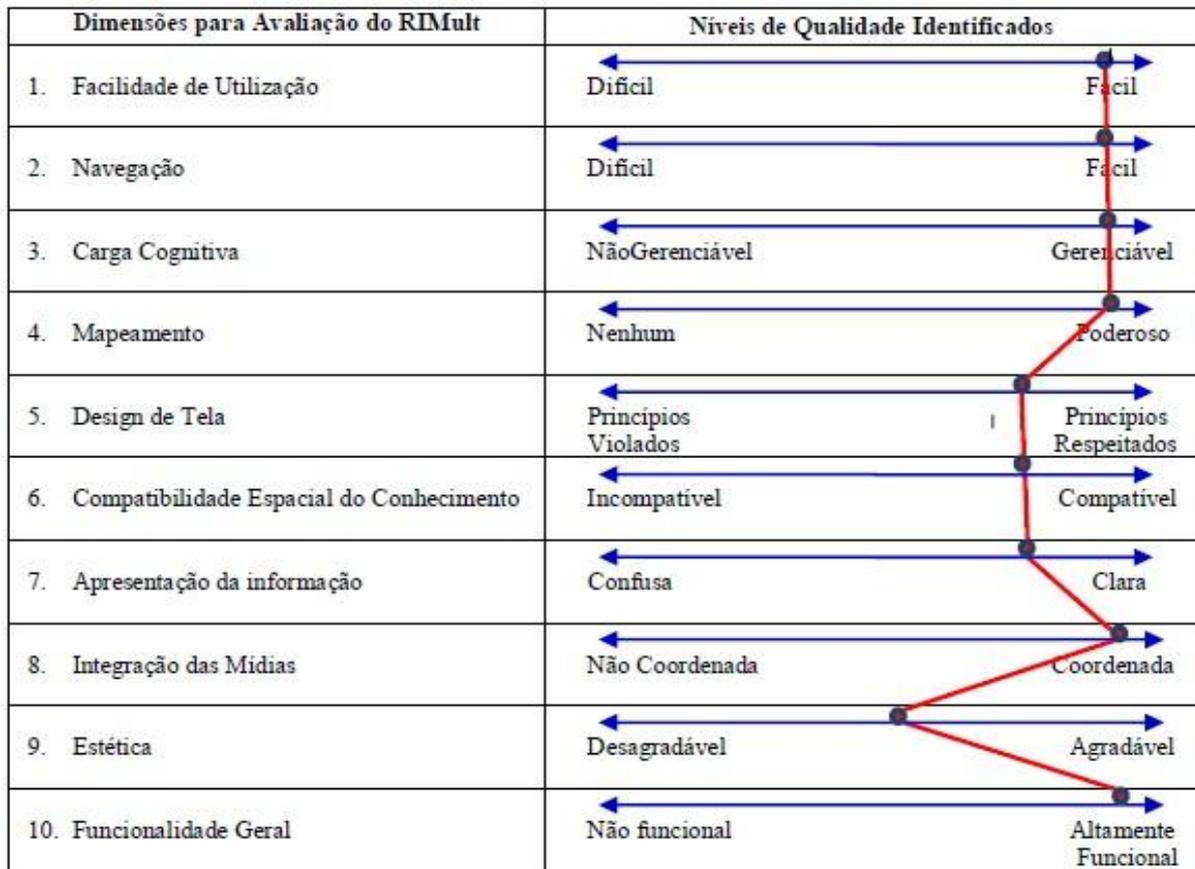


Figura 2.6 - Avaliação dos aspectos da interação humano-computador de um software educacional pelo Método de Reeves (Rezende, C. S, 2012)

De maneira similar, é realizada a avaliação do software quanto aos seus aspectos pedagógicos. A figura 2.7 mostra o resultado de uma avaliação.

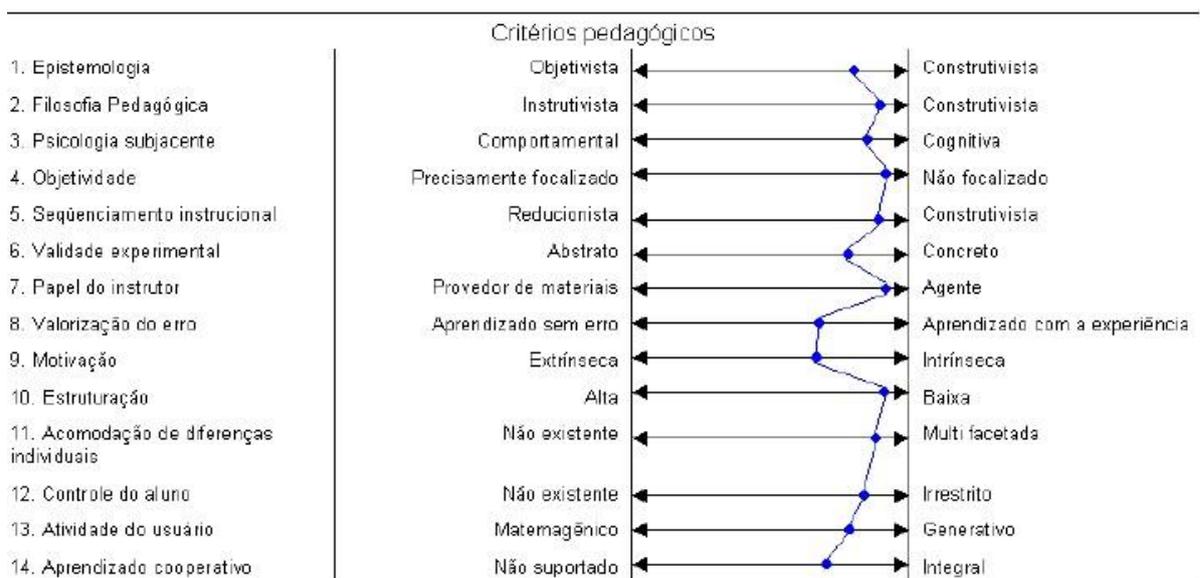


Figura 2.7 - Avaliação dos aspectos pedagógicos de um software educacional pelo Método de Reeves (Freski, 2008)

## **2.4. CIÊNCIA, ENSINO DE CIÊNCIAS E TEORIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

### **2.4.1. CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS**

A ciência é um “achado” que pode ser concebido como uma das produções mais sofisticadas e fecundas do homem, em conjunto com as artes, filosofia e religião. Machado (2006) comenta que estas ditas “*produções*”, em determinados momentos históricos, passam a não ser suficientemente claras e a não compartilhar de sua finalidade primordial que é a expressão de como o mundo é percebido pelo homem e este a si mesmo.

Machado (2006) destaca que Bacon defendia a aplicação prática do conhecimento científico e Voltaire, ao popularizar a obra de Newton pelo livro “*Elementos da Filosofia de Newton*”, destaca que a ciência é um bem de todos e para todos, ressaltando que há a necessidade de um intermediador, um preceptor, um pedagogo. Esse intermediador tem o papel de conectar a história, ligando o conhecimento à humanidade, validando e divulgando a trajetória da civilização, seus valores e sua identidade, um elemento fundamental para a transmissão de conhecimentos de maneira que estes façam sentido ao aprendiz.

O mesmo autor (MACHADO, 2006) ainda destaca Comte, que investiga a ciência como algo real, útil e previsível, destacando-se dos demais domínios por ter um caráter progressivo. Cada ciência trataria de seus objetos particulares, não cabendo a nenhum corpo teórico a compreensão do todo, apenas de uma parcela do real.

Ao se deparar com uma cultura anglo-saxã do século XX, a tradição normativa demarca as fronteiras entre o reconhecimento da não ciência e ciência propriamente dita, através de um método científico universal que se torna obsoleto, pelo menos para o ponto de vista epistemológico e pela recente aproximação entre filosofia e história da ciência, emergindo com a sociologia da ciência e oferecendo novas explicações para fenômenos e comportamentos, tecendo reflexões sobre a viabilidade e a necessidade de conceituar o que é ou não ciência.

Thagard (1978), ao diferenciar perfil de ciência de perfil de pseudociência, determina as características típicas que permitem enquadrar a física, química e biologia, por exemplo, na categoria de ciências e define as características do perfil de ciência da seguinte maneira:

- Pensamento por correlação.
- Busca de confirmações e não confirmações empíricas.
- Os praticantes preocupam-se em avaliar suas teorias em relação às alternativas.
- Teorias simples e coerentes.
- Progresso ao longo do tempo: desenvolvimento de novas teorias que explicam os fatos.

A ciência é inserida nas escolas com o interesse do ensino contextual histórico, filosófico, social e cultural, por meio de enfoques e abordagens bastante variados, que demarcam o ensino de conteúdos científicos das produções científicas propriamente ditas.

Mediante a dinâmica dos processos, há de se considerar visões sistematizadas e complexas dos fenômenos, que indicam uma maneira multimodal de pensar e compreender a realidade educacional. Franco (2007) e Moraes (2003) destacam o paradigma de complexidade como uma teoria voltada para a concepção interacionista/construtivista/sistêmica, o que possibilita o entendimento do uso de TIC para o ensino e aprendizagem, requerendo um pensamento dialógico, recursivo e multidimensional.

A sociedade é um sistema generativo que mantém e perpetua, invariavelmente, a sua complexidade, mantendo seus princípios básicos fundamentais por meio da linguagem, costumes, leis, sistemas hierárquicos, mitos. Tal sistema se (re)produz pelas interações entre os indivíduos e destes com o meio.

Estas interações produzem o todo organizado, atuam sobre as pessoas e coproduz em sua qualidade de indivíduos e que acontece através da educação, linguagem e cultura. O indivíduo que dispõe das condições de conhecer promove transformações nas variadas situações sociais e atua de maneira a modificar o ambiente. E este princípio é amplamente reconhecido pelas ciências da educação e da sociedade.

O ato educativo deve admitir a compreensão holística e o conhecimento de globalização da atual realidade. Necessitando de uma estrutura que apoie um modelo circular

retroativo e sistêmico para suportar múltiplas influências, nos mais variados contextos, provenientes dos sistemas sociais e que agem sobre o sistema educativo.

Morin (2000), afirma que três teorias formam a base e comportam as ferramentas necessárias para uma teoria de organização. São elas: a teoria da informação, em que há as ferramentas para o tratamento da incerteza, da surpresa e do inesperado; a cibernética, com a teoria das máquinas autônomas; e a teoria de sistemas, que lança as bases do sistema como um todo organizado.

A organização da informação, em um indivíduo, pode ser bem compreendida com base das considerações da Teoria de Campos Conceituais de Vergnaud, comentadas por Custódio Filho (2001). Nesta, um conceito é definido por um tripleto de instâncias, que inclui as suas propriedades invariantes, os sistemas de representações e as situações de uso. Aprender um conceito matemático ou científico implica em dominar um conjunto de propriedades, que surgem das diferentes situações e que são mediadas pelo domínio de vários conceitos de naturezas distintas, bem como por diferentes sistemas de representações.

Dominar um campo conceitual significa saber resolver problemas em situações diversas, nas quais determinado conceito está inserido. Moreira (2011) afirma que os campos conceituais ocorrem com o desenvolvimento de situações progressivamente dominadas, dos conceitos, das palavras e dos símbolos que podem representar eficientemente essas situações.

Os paradigmas científicos e epistemológicos possibilitam o entendimento de como a sociedade busca seu desenvolvimento como civilização, reunindo informações e organizando suas estruturas. Parte desta organização prescinde do sistema educacional e das contribuições da ciência, sendo trabalhada através da orientação curricular no contexto da escola (CASTELI, 2007), de maneira a promover a educação científica.

É importante que o professor da área de ensino de ciências reconheça as diferentes situações que figuram nos recursos computacionais utilizados para o ensino como Barros (2008) também afirma em seus trabalhos. Ele deve, neste contexto, dispor de informação pertinente para orientar o planejamento das aulas, a fim de identificar quais situações podem demandar esquemas cognitivos específicos e como e quando estes estão presentes. Uma análise abrangente das estratégias que dispõem quanto ao conteúdo de um campo conceitual, permite o desenvolvimento de situações cognitivas a partir de conceptualizações do universo real.

O professor que se propõe a usar softwares educacionais deve ser capaz de favorecer situações de aprendizagem dos conceitos e superar as dificuldades dos alunos. Neste contexto, é importante que o educador detenha parâmetros de qualidade, definidos para identificar a adequação de softwares às atividades propostas e aos objetivos a serem alcançados.

Tradicionalmente, os softwares são analisados por atributos oriundos da engenharia de software, que focalizam parâmetros relativos, por exemplo, à qualidade da interface, à coerência de apresentação dos conceitos e a aspectos ergonômicos. E através de estudos da evolução de desenvolvimento de software (ESCUDEIRO et al, 2006) pode-se elaborar planos eficientes para o uso em um contexto de aprendizagem.

Esta avaliação é feita com base na análise de um conjunto de requisitos e atributos de software, relacionados à maneira com a qual se aprende diante a disposição dos conteúdos. Considerando-se um software educacional, como um ambiente de aprendizagem de algo e tomando por base as atuais tendências teóricas no campo da educação e da psicologia, surge a necessidade de métodos de avaliação que contemplem as especificidades e objetivos do software para o ensino de um conteúdo específico. Deve-se considerar, neste caso, a natureza do objeto de conhecimento que se deseja ensinar e a natureza das habilidades nele envolvidas.

Conforme destaca Gladcheff et al (2001), no que concerne ao ensino e aprendizagem das ciências, os softwares mais proveitosos seriam aqueles que permitem uma grande interação do aluno com os conceitos ou ideias científicas, propiciando descobertas, visualização de resultados, levantamento de hipóteses e criação de situações-problema.

#### **2.4.2. TEORIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

A aprendizagem é uma ação centrada em processos distintos, que identificam a aquisição de conhecimento e seu gerenciamento. Caracteriza os papéis essenciais nos ambientes de ensino e aprendizagem e inclui a identificação dos processos suportados na aquisição de ideias e os recursos que eventualmente podem ser utilizados para tal.

O conhecimento necessita ser apresentado em um contexto o mais autêntico possível, de maneira a se alinhar com os objetivos da aprendizagem, o que é visto como uma

implicação direta do Construtivismo (VYGOTSKY, 1962). Como filosofia de aprendizagem, o Construtivismo forja a premissa básica da construção do conhecimento, através de reflexões de experiências, passadas ou presentes, que são refinadas para se ajustarem ao modelo mental de experiências mais novas que se encaixam ao contexto da realidade. Ou seja, os processos de aprender e compreender ocorrem em um movimento construtivo, generativo e assimilador, capaz de auto-re-organização.

O processo de aprendizagem agrega em si uma *enculturação*, um condicionamento da aprendizagem, que ocorre consciente ou inconscientemente, de modo formal ou informal, nos indivíduos, ao longo de sua vivência. Assim, os indivíduos aprendem os padrões ditos “gerais” de sua ou outra cultura, destacando-se, neste contexto, a interação entre os indivíduos.

O contexto social da aprendizagem é uma enculturação. Nele, os indivíduos fazem parte de um grupo, que é definido por suas características como hábitos, linguagem, opiniões e os participantes contribuem com construções cognitivas para si e para seu grupo, por meio de ideias. Tal panorama é compatível com as teorias sociais da aprendizagem (BANDURA, 1977).

A aprendizagem ocorre através de estímulos, tanto internos como externos, gerando, frequentemente, o ato de resposta comumente conhecido como atitude, descrito como estímulo-resposta pela teoria Behaviorista, que influencia o processo de ensinar. Sob este aspecto, Bednarik (2002) sugere que a percepção está acima da informação e que, na disposição do estímulo, as sensações são influenciadas pela cognição, ou seja, a percepção é uma consequência direta das propriedades ambientais realísticas.

Piaget (2002) afirma que o conhecimento é gerado pela interação do sujeito com o meio e que sua aquisição depende de estruturas cognitivas pré-existentes no indivíduo, condições estas que se iniciam ao nascer e que, ao longo do tempo, vão se especializando e possivelmente contornando o significado de inteligência.

O ser humano utiliza-se da inteligência para perceber e compreender o mundo e, valendo-se de habilidades técnicas, consegue modificar esse mundo ou adaptá-lo à sua sobrevivência, promovendo um movimento contínuo das sociedades modernas e sua customização. As sociedades seguem um modelo inteligível social em que se busca o

desenvolvimento total, interagindo em um sistema do qual sofre interferências e interfere na existência de todos.

A compreensão sobre a ação de aprender e ensinar depende de vários fatores que estão inseridos no ato de uma aprendizagem que para ser efetiva deve ser significativa (AUSUBEL, 1982). A tendência da educação atual segue um paradigma de metas múltiplas (foco multimodal), para alcançar os vários objetivos de aprender e conhecer, relacionando a aprendizagem com o desenvolvimento dos modelos mentais e focalizando no ajuste educacional.

Este capítulo abordou a fundamentação teórica referente ao tema da dissertação de mestrado ora apresentada.

O próximo capítulo detalhará o modelo PECTUS, proposto para apoiar a avaliação de software educacional aplicado ao ensino de ciências.

### **3. PROPOSTA DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Este capítulo apresenta a proposta, métodos e o desenvolvimento de um modelo de avaliação de qualidade para softwares educacionais para o ensino de ciências realizado através dos estudos empíricos.

A seção 3.1 apresenta as principais abordagens utilizadas para a construção do modelo proposto.

A seção 3.2 enfoca como foi feita a definição do modelo, os objetivos e questões das avaliações do modelo e oferece um panorama dos aspectos adotados e conceitos envolvidos.

A seção 3.3 apresenta uma descrição do desenvolvimento e adoção das métricas e medidas quantitativas e qualitativas dos instrumentos de avaliação do modelo para a coleta de dados.

A seção 3.4 apresenta uma breve descrição da obtenção dos dados para o estudo empírico.

#### **3.1. VISÃO GERAL DO MODELO**

Os modelos, segundo Sayão (2001), são representações que permitem a interpretação de uma dada realidade, em que o interesse é observar fenômenos enfocando em seu contexto e características básicas, permitindo a compreensão da real natureza, e comportamento inerentes a tal contexto.

Um modelo geralmente envolve os seguintes componentes básicos: um recurso metodológico, representado por uma abordagem, método ou diretriz e um enfoque de abstração, que permite isolar um fenômeno mentalmente, possibilitando a concentração nos aspectos essenciais considerados e ignorando características menos importantes ou acidentais.

O uso de modelos para avaliação de software é fundamental, pois possibilita a análise e entendimento de requisitos e atributos, presentes ou não nos produtos de software, possibilitando uma mensuração qualitativa ou quantitativa do real valor do software para atender a determinado objetivo previamente estabelecido.

A construção de um modelo deve levar em conta uma problemática inicial e a disponibilização de recursos para resolvê-la. A partir de um problema a ser solucionado, se conduz a análise e fundamentação teórica necessária, a fim de se chegar a uma sistematização que represente o problema. Para isso, torna-se necessário adotar abordagens adequadas, já existentes, adaptadas ou propostas para atender especificamente o problema considerado.

O Modelo de Avaliação de Qualidade de Software Educacional para o Ensino de Ciências, proposto nesta dissertação, foi construído evolutivamente, a partir dos estudos relatados no capítulo anterior. A sua sistematização pautou-se, principalmente, em dois conjuntos de conceitos e componentes:

- A abordagem GQM - *Goal, Question, Metrics* (BASILI, 1994; SARAIVA 2006), que indica um processo para a geração de planos de qualidade de software que leva em conta os Objetivos da avaliação (*Goal*), as Questões (*Question*) associadas a cada objetivo e as Métricas (*Metrics*) que avaliarão cada questão.
- Os requisitos de qualidade relacionados aos Aspectos Pedagógicos (P), aos Aspectos de Ensino de Ciências (EC), aos Aspectos de Usabilidade (U) e aos Aspectos Tecnológicos (T). Cada um desses requisitos foi caracterizado por meio de um conjunto de atributos, devidamente definidos.

O modelo foi construído através dos fundamentos do modelo TUP e seus requisitos, já citados anteriormente, foram os pilares para a estruturação com a abordagem GQM para o desenvolvimento do modelo.

O processo GQM é uma abordagem de avaliação, própria para softwares definidos por metas. Estas metas são definidas através do objetivo que se pretende alcançar, as questões, que constituem o modelo e as métricas de mensuração, fornecem as medidas do que está sendo analisado com valores qualitativos e quantitativos.

As questões estão organizadas conjuntamente com as métricas e constituem o formulário de inquérito para cada requisito inspecionado. Estes formulários são os instrumentos de coleta de dados do modelo.

A Figura 3.1 apresenta uma visão geral do Modelo e seus principais conceitos.

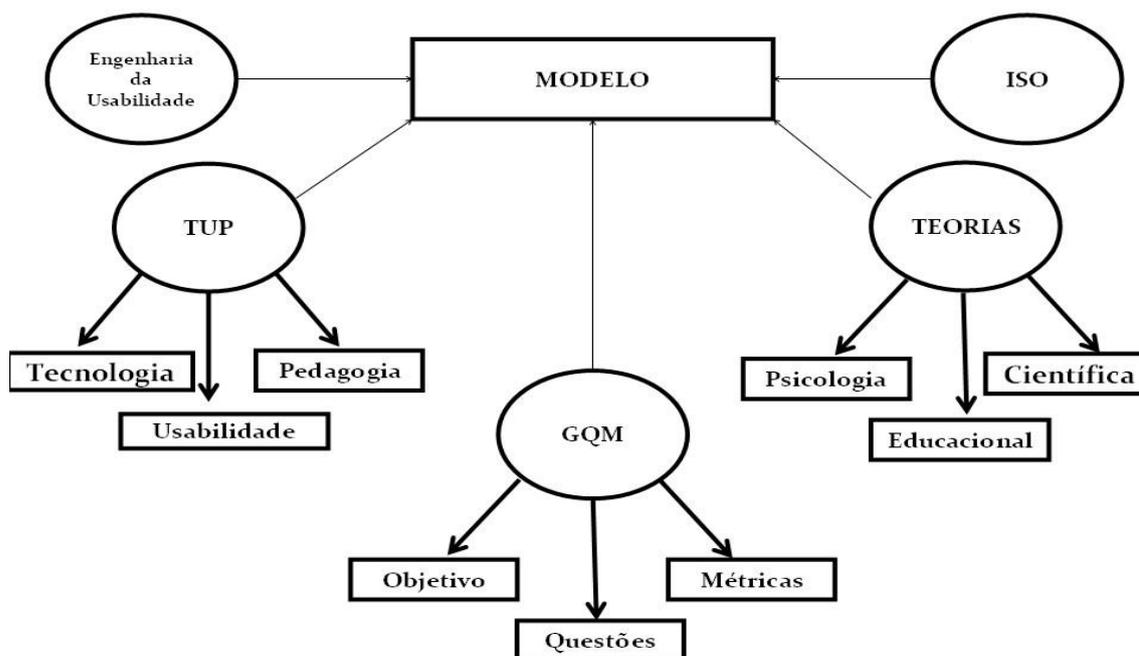


Figura 3.1 – Aspecto geral dos principais conceitos do modelo

A este modelo foi agregado o aspecto de ensino de ciências, considerações de qualidade do modelo ISO, características importantes da teoria da engenharia da usabilidade e relacioná-los às teorias educacionais, psicológicas e científicas para reforçar o corpo teórico e justificar os fatores ligados ao indivíduo, às características de seu meio social, e suas atividades.

O modelo apresenta em sua base diversos elementos que possibilitam orientar as escolhas didáticas, de maneira a ordenar os conhecimentos, que estão em um domínio próprio e que se relacionam. Assim, o modelo segue um esquema de conceptualização e através das questões que buscam uma caracterização de produtos de softwares utilizados para o ensino e aprendizagem relacionando as informações para os diferentes contextos.

A Figura 3.2 apresenta um esquema do modelo desenvolvido para qualidade de software educacional.

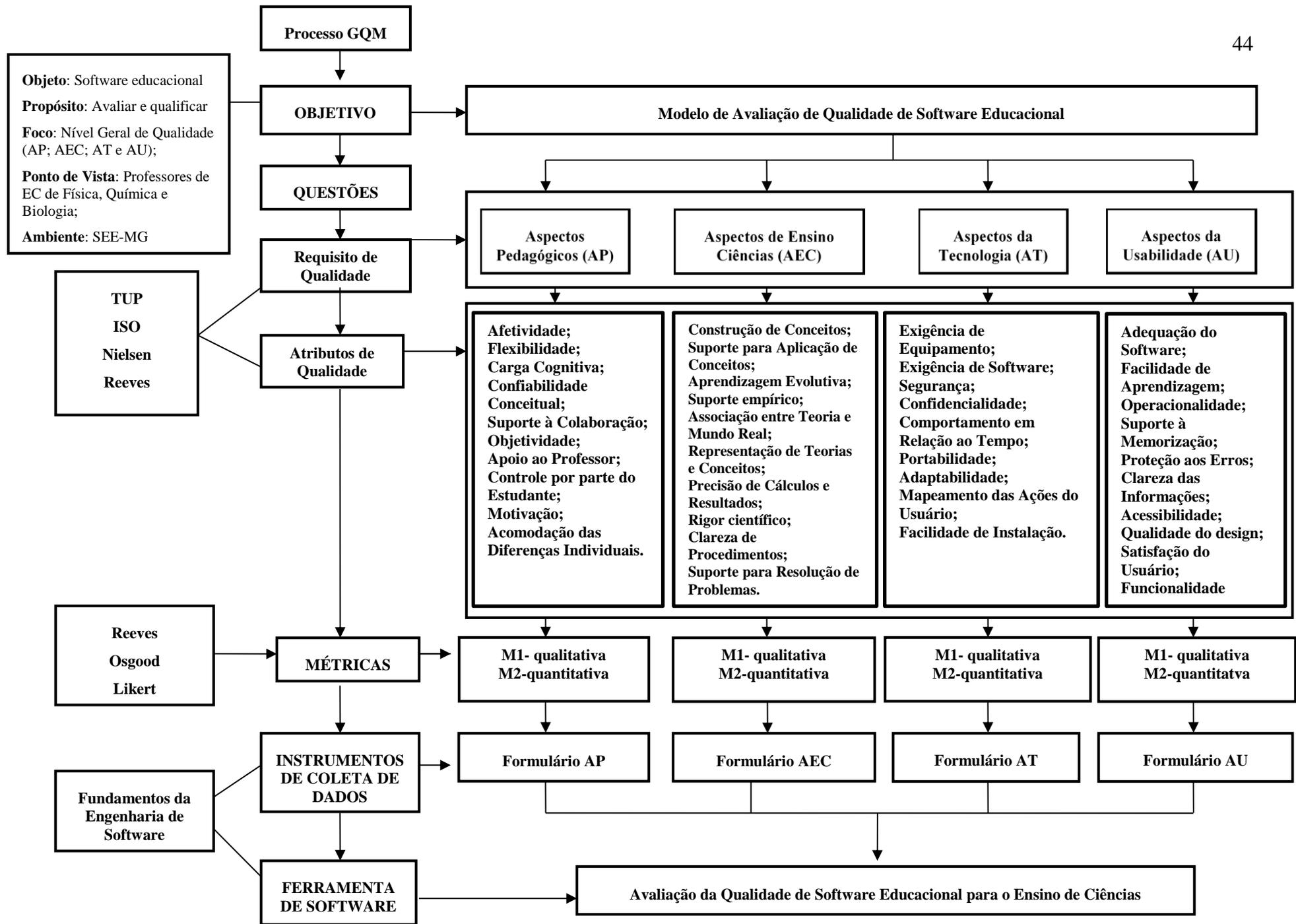


Figura 3.2 – Modelo de avaliação de qualidade de software educacional para o ensino de ciências

## **3.2. DEFINIÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO**

### **3.2.1. OBJETIVOS DA AVALIAÇÃO**

De acordo com a abordagem GQM (BASILI, 1992), o primeiro conjunto de componentes definido para o Modelo foram os Objetivos pretendidos pela avaliação de qualidade de software educacional para o ensino de ciências. Para guiar a proposição de tais objetivos, considerou-se a seguinte pergunta básica:

- Qual é o Nível Geral (NG) de qualidade do software em questão, considerando-se conjuntamente os níveis de qualidade referentes aos requisitos “Aspectos de Pedagogia” (P), “Aspectos de Ensino de Ciências” (EC), “Aspectos de Usabilidade” (U) e “Aspectos de Tecnologia” (T)?

A resposta à pergunta acima depende das respostas obtidas para as perguntas específicas, dadas a seguir.

- Qual é o nível de qualidade, referente ao requisito “Aspectos de Pedagogia” (P), expressado pelo software?
- Qual é o nível de qualidade, referente ao requisito “Aspectos de Ensino de Ciências” (EC), expressado pelo software?
- Qual é o nível de qualidade, referente ao requisito “Aspectos de Usabilidade” (US), expressado pelo software?
- Qual é o nível de qualidade, referente ao requisito “Aspectos de Tecnologia” (T), expressado pelo software?

O Quadro 3.1 representa os objetivos definidos no Modelo, de acordo com os elementos definidos na abordagem GQM (BASILI, 1994; SARAIVA, 2006).

Quadro 3.1 – Objetivo da avaliação de qualidade de software para o ensino de ciências

<b>Objetivos</b>		
<b>Objeto</b>	Analisar	Software Educacional para o Ensino de Ciências
<b>Propósito</b>	Com o propósito de	Avaliar e Identificar o Nível de Qualidade.
<b>Foco de Qualidade</b>	Com relação a	Nível Geral de Qualidade do Software (NGQS), com relação a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspectos Pedagógicos (QAP);</li> <li>- Aspectos de Ensino de Ciências (QEC);</li> <li>- Aspectos de Usabilidade (QAU);</li> <li>- Aspectos Tecnológicos (QAT);</li> </ul>
<b>Ponto de Vista</b>	Sob o ponto de vista de	Professores do Ensino Fundamental e Médio de Ciências, Biologia, Química e Física.
<b>Ambiente</b>	Órgão	Escolas Públicas

O Quadro 3.1 destaca a organização de metas, que são propostas, para alcançar os objetivos, focado em um nível conceitual. O objetivo em si é o de avaliar e para tal é necessário considerar um objeto, que neste caso é o software educacional para o ensino de ciências. Ao conceituar o foco da qualidade, se considera diferentes aspectos e o principal deles é o ponto de vista, considerado mediante o ambiente em que ocorre. Este fator é relevante para a execução de uma avaliação de qualidade.

### 3.2.2. DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES

Seguindo a abordagem GQM, foram definidas questões associadas a cada um dos objetivos propostos para a avaliação de software educacional para o ensino de ciências. Ao todo, foram definidas 40 questões, sendo dez questões para a avaliação de cada requisito considerado: Aspectos de Pedagogia, Aspectos de Ensino de Ciências, Aspectos de Usabilidade e Aspectos de Tecnologia. A partir da avaliação dos requisitos, guiada pela análise dos atributos relativos a cada requisito, pode-se chegar à determinação do Nível Geral de Qualidade do Software (NGQS).

É importante destacar que a definição das questões relativas aos requisitos considerados no Modelo de Avaliação (Aspectos de Pedagogia, Aspectos de Ensino de Ciências, Aspectos de Usabilidade e Aspectos de Tecnologia) constitui o núcleo do Modelo

de Avaliação proposto. Tal definição baseou-se nos estudos discutidos no Capítulo 2, com destaque para os trabalhos de Bednarik (2002), Custódio (2008), ISO/IEC 25010 (ABNT, 2011) e Nielsen (1994), além de trabalhos relevantes da área de psicologia (PIAGET, 2002) e da educação (FREIRE, 1986). Adicionalmente, trabalhos da área de engenharia de software (SOMMERVILLE, 2011; ROCHA, 2001) e os estudos de Reeves (1998) sobre avaliação de software multimídia e que forneceram importantes contribuições para se chegar às questões propostas.

O quadro 3.2 detalha os quatro requisitos incorporados ao Modelo de Avaliação de Software Educacional para o Ensino de Ciências e os atributos que os compõem.

Quadro 3.2 – Requisitos e atributos de qualidade para avaliação de software educacional para o ensino de ciências

<b>Requisitos de Qualidade de Software Educacional para o Ensino de Ciências e seus Atributos</b>			
<b>Aspectos de Pedagogia</b>	<b>Aspectos de Ensino de Ciências</b>	<b>Aspectos de Usabilidade</b>	<b>Aspectos de Tecnologia</b>
<p><b>Atributos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afetividade</li> <li>- Flexibilidade</li> <li>- Carga Cognitiva</li> <li>- Confiabilidade Conceitual</li> <li>- Suporte à Colaboração</li> <li>- Objetividade</li> <li>- Apoio ao professor</li> <li>- Controle por parte do Estudante</li> <li>- Motivação</li> <li>- Acomodação das Diferenças Individuais</li> </ul>	<p><b>Atributos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoio à construção de Conceitos</li> <li>- Suporte para a Aplicação de Conceitos</li> <li>- Apoio a Aprendizagem Evolutiva</li> <li>- Suporte Empírico</li> <li>- Associação entre Teoria e o Mundo Real</li> <li>- Apoio à Representação de Teoria e Conceitos</li> <li>- Precisão dos Cálculos e Resultados</li> <li>- Rigor Científico</li> <li>- Clareza dos Procedimentos</li> <li>- Suporte para a Resolução de Problemas</li> </ul>	<p><b>Atributos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adequação de Software</li> <li>- Facilidade de Aprendizagem</li> <li>- Operacionalidade</li> <li>- Suporte à Memorização</li> <li>- Proteção aos Erros</li> <li>- Clareza das Informações</li> <li>- Acessibilidade</li> <li>- Qualidade do Design</li> <li>- Satisfação do Usuário</li> <li>- Funcionalidade Geral</li> </ul>	<p><b>Atributos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exigências de Equipamentos</li> <li>- Exigência de Software</li> <li>- Disponibilidade</li> <li>- Segurança</li> <li>- Confidencialidade</li> <li>- Comportamento em Relação ao Tempo</li> <li>- Portabilidade</li> <li>- Adaptabilidade</li> <li>- Mapeamento das Ações do Usuário</li> <li>- Facilidade de Instalação</li> </ul>

### 3.2.2.1. “ASPECTOS DE PEDAGOGIA” DE SOFTWARE

Foram definidas dez questões para a avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software, uma para cada um dos atributos relacionados a este requisito.

O quadro 3.3 contém as definições dos atributos identificados como parte do requisito dos “Aspectos de Pedagogia”. As questões, em seu formato final, serão apresentadas no Instrumento da Pesquisa (Anexo C).

Quadro 3.3 - Atributos relativos ao requisito de “Aspectos de Pedagogia”

<b>Requisito “Aspectos de Pedagogia” e seus Atributos</b>	
<b>Atributos</b>	<b>Definição</b>
<b>Afetividade (Baixa - Alta)</b>	Refere-se à explicitação de aspectos e comportamentos físicos e psicológicos, capazes de indicar o envolvimento do usuário, quando ele utiliza o software, tais como: emoção, estados de humor, motivação, ansiedade, sentimentos de raiva, desinteresse, prazer, alegria, etc.
<b>Flexibilidade (Baixa - Alta)</b>	Refere-se à capacidade intrínseca que o software tem de acomodar mudanças suportadas pela funcionalidade e de que maneira influencia o tipo de ensino e aprendizagem, tais como: autoaprendizagem, objetivismo, construtivismo, etc.
<b>Carga Cognitiva (Baixa – Alta)</b>	Refere-se ao esforço mental requerido durante a execução das tarefas no software, como exploração dos conteúdos, uso da estrutura, respostas demandadas, etc.
<b>Confiabilidade Conceitual (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade do software em despertar reações e comportamentos que expressam confiança nos seus conteúdos e resultados por ele propiciados.
<b>Suporte à Colaboração (Baixo – Alto)</b>	Refere-se ao apoio fornecido pelo software à realização de atividades de forma colaborativa, apoiando o compartilhamento de conhecimento e o desenvolvimento de habilidades sociais.
<b>Objetividade (Baixa - Alta)</b>	Refere-se à forma de funcionamento do software e dos procedimentos nele incorporados, ou seja, os quão bem definidos e padronizados eles são.
<b>Apoio ao professor (Baixo – Alto)</b>	Refere-se ao nível de apoio que o software oferece ao professor, que lhe permitirá atuar como provedor de informações e/ou de facilitador da aprendizagem.
<b>Controle por parte do Estudante (Baixo – Alto)</b>	Refere-se à possibilidade oferecida pelo software aos usuários, para este definir como explorar os módulos e conteúdos, ou seja, decidir que seções estudar, que caminhos seguir, que material utilizar e a ordem envolvida nessas decisões.
<b>Motivação (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade de software em, por si só, motivar os usuários a explorar temas e conceitos, por meio de elementos como recursos. Multimídia, interação de boa qualidade, etc.
<b>Acomodação das Diferenças Individuais (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade do software em considerar e facilitar a acomodação de diferenças individuais dos estudantes, ou seja, reforça a heterogeneidade em termos de atitudes, conhecimento e experiência anteriores, estilos de aprendizagem, etc.

### 3.2.2.2. “ASPECTOS DE ENSINO DE CIÊNCIAS” DE SOFTWARE

Para avaliar os requisitos dos “Aspectos de Ensino de Ciências” foram definidas dez questões, sendo uma para cada um dos atributos a ele relacionados.

O quadro 3.4 apresenta a definição dos atributos identificados como parte do requisito “Aspectos de Ensino de Ciências”. As questões, em seu formato final, serão apresentadas no Instrumento da Pesquisa (Anexo C).

Quadro 3.4 – Atributos relativos ao requisito de “Aspectos de Ensino de Ciências”

<b>Requisito “Aspectos de Ensino de Ciências” e seus Atributos</b>	
<b>Atributos</b>	<b>Definição</b>
<b>Apoio à construção de Conceitos (Alto – Baixo)</b>	Refere-se à transformação de conceitos abstratos em conceitos mais concretos. Acentua a formação dos conceitos e promove a mudança conceitual.
<b>Suporte para Aplicação de Conceitos (Alto – Baixo)</b>	Refere-se à aplicação simplificada da realidade, tornando os conceitos abstratos em seus elementos mais importantes.
<b>Apoio a Aprendizagem Evolutiva (Alto – Baixo)</b>	Refere-se à aprendizagem crescente que auxilia na compreensão dos conceitos desde estágios mais simples até os fenômenos mais complexos.
<b>Suporte Empírico (Alto – Baixo)</b>	Refere-se às atividades que deixam explícitas a natureza da pesquisa científica e suas teorias.
<b>Associação entre Teoria e o Mundo Real (Alta - Baixa)</b>	Refere-se à compreensão sobre o mundo natural real, interagindo com modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta.
<b>Apoio à Representação de Teorias e Conceitos (Alto – Baixo)</b>	Refere-se às informações visuais como fórmulas, resultados, modelos 3D e um <i>feedback</i> para aperfeiçoar a compreensão de conceitos.
<b>Precisão dos Cálculos e Resultados (Alta – Baixa)</b>	Refere-se à coleta, geração e teste de grandes quantidades de dados que comprovem a hipótese.
<b>Rigor Científico (alto – Baixo)</b>	Refere-se à identificação e relação entre causas e efeitos entre os “sistemas complexos”, comprovados com critérios de natureza científica.
<b>Clareza de Procedimentos (Alta – Baixa)</b>	Refere-se à redução de “ruído” cognitivo de modo que, através de comandos simples, os estudantes possam concentrarem nos conceitos envolvidos.
<b>Suporte para Resolução de Problemas (Alta – Baixa)</b>	Refere-se ao suporte à promoção de habilidades para a resolução de problemas e promover o raciocínio crítico e <i>analítico</i> .

### 3.2.2.3. “ASPECTOS DE USABILIDADE” DE SOFTWARE

A avaliação do requisito “Aspectos de Usabilidade” considerou dez questões, sendo uma para cada um dos atributos a ele relacionados.

O quadro 3.5 mostra a definição dos atributos identificados como parte do requisito dos “Aspectos de Usabilidade”. As questões, em seu formato final, serão apresentadas no Instrumento da Pesquisa (Anexo C).

Quadro 3.5 - Atributos relativos ao requisito de “Aspectos de Usabilidade”

<b>Requisito “Aspectos de Usabilidade” e seus Atributos</b>	
<b>Atributos</b>	<b>Definição</b>
<b>Adequação do Software (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade que o software tem de possibilitar ao usuário compreender e se é apropriado para as tarefas do usuário.
<b>Facilidade de Aprendizagem (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à facilidade oferecida pelo software para que o usuário aprenda a explorar e utilizar os diferentes módulos e atividades incluídos.
<b>Operacionalidade (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade que o software possui de tornar a sua utilização fácil para os usuários.
<b>Suporte à Memorização (Baixo – Alto)</b>	Refere-se às características (padronização de telas, navegação, design, etc.) que facilitem ao usuário a memorização dos caminhos e procedimentos de interação para uso adequado do software.
<b>Proteção aos Erros (Baixa – Alta)</b>	Refere-se às características que o software possui para proteger o usuário de cometer possíveis erros.
<b>Clareza das Informações (Baixa – Alta)</b>	Está relacionada a se a informação contida no espaço de conhecimento incorporado no software é apresentada de maneira entendível.
<b>Acessibilidade (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade do software de ser usado por pessoas com diferentes perfis e características, em um contexto específico ligado aos objetivos do sistema.
<b>Qualidade do Design (Baixa – Alta)</b>	Compreende aspectos como aparência e disposição dos elementos nas telas do software, incluindo texto, ícones, gráficos, cores, etc.
<b>Satisfação do Usuário (Baixa – Alta)</b>	Representa uma condição subjetiva, segundo a qual o usuário considera a interação com a aplicação agradável e atrativa, sentindo-se satisfeito com o software.
<b>Funcionalidade Geral (Baixa – Alta)</b>	Representa uma dimensão abrangente, relacionada à utilidade do software e atendimento dos objetivos pretendidos pelos usuários.

### 3.2.2.4. “ASPECTOS DE TECNOLOGIA” DE SOFTWARE

A avaliação do requisito dos “Aspectos de Tecnologia” compreendeu dez questões, sendo uma para cada um dos atributos a ele relacionados.

O quadro 3.6 contém a definição dos atributos identificados como parte do requisito dos “Aspectos de Tecnologia”. As questões, em seu formato final, serão apresentadas no Instrumento da Pesquisa (Anexo C).

Quadro 3.6 - Atributos relativos ao requisito de “Aspectos de Tecnologia”

<b>Requisito “Aspectos de Tecnologia” e seus Atributos</b>	
<b>Atributo</b>	<b>Definição</b>
<b>Exigência de Equipamentos (Alta – Baixa)</b>	Refere-se aos equipamentos computacionais (computador, rede, dispositivos específicos) que o software requer para seu amplo funcionamento.
<b>Exigência de Software (Alta – Baixa)</b>	Refere-se aos softwares e versões (sistema operacional, linguagens, etc.) que o software requer para seu amplo funcionamento.
<b>Disponibilidade (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade que o software possui de estar disponível em qualquer instante de tempo, quando for necessário ou requisitado.
<b>Segurança (Baixa – Alta)</b>	Refere-se aos mecanismos incorporados pelo software, capazes de garantir a privacidade do usuário, quanto a sua identificação, mesmo compartilhando e publicando informações.
<b>Confidencialidade (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade do software de garantir que os dados estarão acessíveis somente aos usuários que possuem autorização de acesso.
<b>Comportamento em Relação ao Tempo (Baixo – Alto)</b>	Refere-se à capacidade do software tem de atender a condições pré-estabelecidas quanto ao tempo de resposta, processamento e taxa de transferência apropriada.
<b>Portabilidade (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade que o software apresenta para se adaptar a diferentes ambientes, previamente especificados, sem a necessidade de mudanças em outras aplicações.
<b>Adaptabilidade (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à capacidade do software em ter características passíveis de serem modificadas, para atender diferentes perfis de usuários.
<b>Mapeamento das Ações do Usuário (Baixo – Alto)</b>	Refere-se à habilidade do software em rastrear e representar, de forma clara para o usuário, os caminhos por ele percorridos ao usar o software.
<b>Facilidade de Instalação (Baixa – Alta)</b>	Refere-se à facilidade e possibilidade do software ser instalado em um ambiente pré-especificado.

### 3.3. DEFINIÇÃO DAS MÉTRICAS

De acordo com a abordagem GQM (BASILI, 1994), a definição das métricas para avaliação de determinado artefato de software, em um estudo empírico, compreende:

- Definição de uma estratégia para a Coleta de Informações junto aos sujeitos que participam da avaliação;
- Definição de um procedimento para a Medida das Informações coletadas por meio da avaliação.

#### 3.3.1. COLETA DE INFORMAÇÕES PARA A AVALIAÇÃO

No presente estudo, a Coleta de Informações envolveu uma estratégia embasada nos conceitos da escala de Likert (Brandalise, 2005; Likert, 1932; Pereira, 2004) e do diferencial semântico de Osgood (Osgood, 1967; Pereira, 2004). A escala de Likert é amplamente usada e requer que o participante da pesquisa expresse seu grau de concordância ou discordância a respeito de determinado questionamento ou afirmação, por meio da escolha de um ponto ao longo de uma escala contínua pré-estabelecida. O diferencial de Osgood, por sua vez, prevê a alocação de dois adjetivos (semânticas) antagônicos, um em cada extremo da escala considerada.

Desta forma, para avaliar cada uma das 40 questões definidas, adotou-se uma escala de Likert de cinco pontos, associada a dois adjetivos antagônicos que orientaram a avaliação por parte dos participantes da pesquisa. Cada ponto indicado na escala foi associado a um valor.

A Figura 3.3 ilustra a escala adotada para a aferição dos 40 atributos de qualidade considerados, relativos à avaliação do software educacional enfocado.

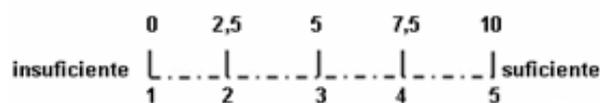


Figura 3.3 – Escala de cinco pontos da avaliação

Pode-se verificar na Figura 3.3 que cada ponto pré-definido na escala está associado a um valor (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10) e que, para responder à questão, o sujeito da pesquisa deve levar em conta os adjetivos alocados aos extremos da escala (no exemplo mostrado, “insuficiente” e “suficiente”). Os pontos na escala revelam a força e a direção da atitude dos participantes da pesquisa em relação às extremidades da escala, que possuem categorizações antagônicas e com a alternativa “neutro” ao centro.

O Quadro 3.7 indica os valores dos pontos associados à escala empregada.

Quadro 3.7. Valores para os pontos constantes da escala.

<b>Valores</b>	<b>Grau concordância</b>
0,0	Não atende nada
2,5	Atende pequena parte
5,0	Atende a metade
7,5	Atende a maior parte
10,0	Atende plenamente

Para atender a avaliação dos 40 atributos (dez para cada requisito), foram usados os adjetivos alto(a) e baixo(a), visando reduzir a subjetividade, a fim de se medir os atributos fundamentais associados à qualidade do software com base em atitudes expressadas pelo avaliador.

O processo para se responder os quatro questionários propostos requer que os respondentes assinalem um ponto da escala, quer seja à direita (+) ou à esquerda (-). Com base no ponto assinalado, será atribuído o valor associado à resposta do participante.

A Figura 3.4 ilustra a criação das métricas, uma para cada questão definida para a avaliação do software educacional para o ensino de ciências.

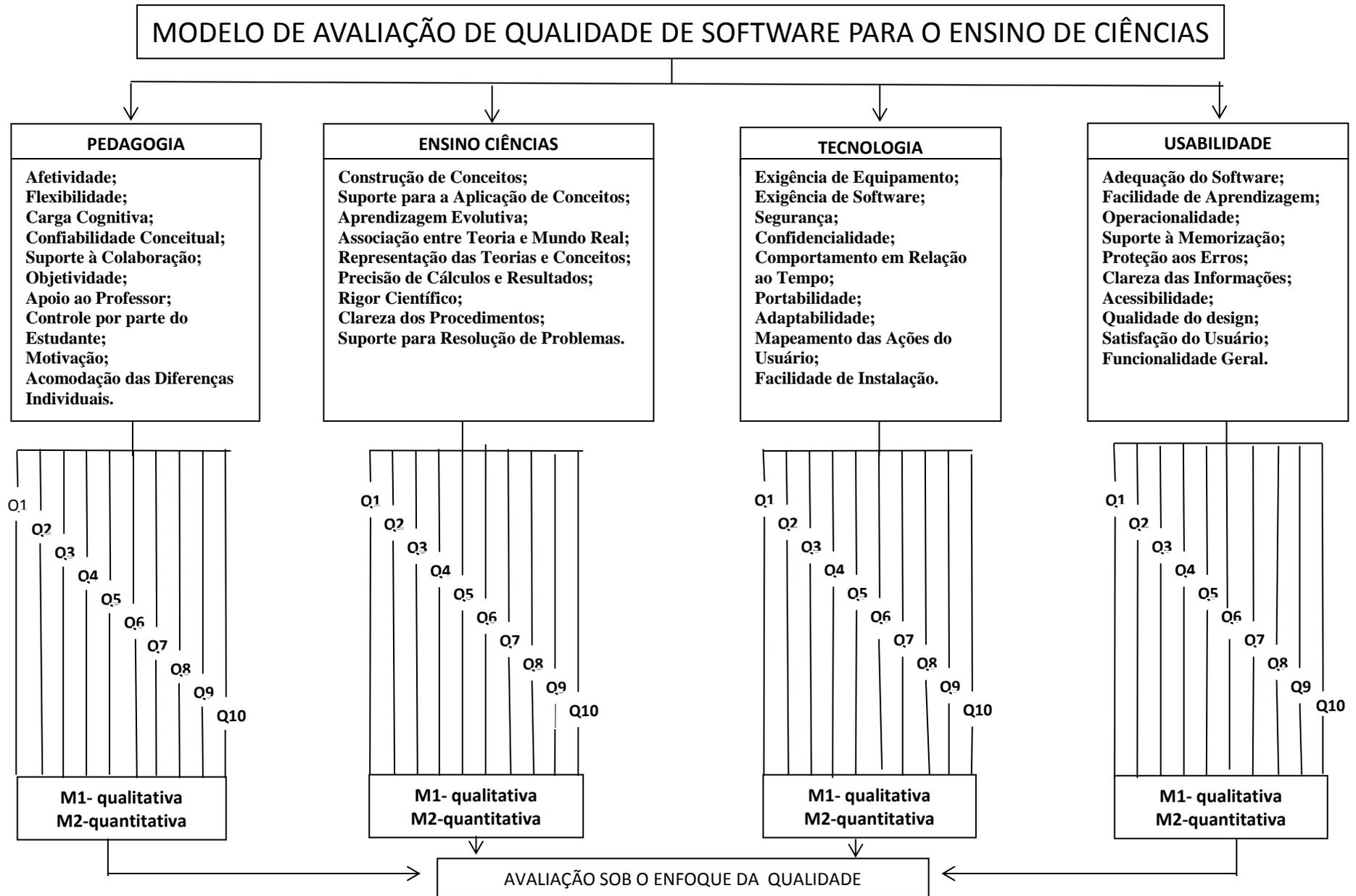


Figura 3.4 - Modelo de distribuição das métricas no instrumento de medição

### 3.3.2. MEDIDAS DAS INFORMAÇÕES COLETADAS

De posse das respostas dos participantes da pesquisa, ou seja, dos valores anotados nas escalas referentes a cada uma das 40 questões que compõem o modelo de avaliação, é calculado o valor atribuído pelo(s) participante(s) a cada um dos quatro requisitos incorporados ao Modelo.

O cálculo dos níveis de qualidade do software, referente à avaliação de cada avaliador que analisou o software, de acordo com o Modelo proposto, é dado pelas fórmulas a seguir.

$$NQ-AP = (v1-AP + v2-AP + \dots\dots\dots v10-AP) / 10$$

$$NQ-AEC = (v1-AEC + v2-AEC + \dots\dots\dots v10-AEC) / 10$$

$$NQ-AU = (v1-AU + v2-AU + \dots\dots\dots v10-AU) / 10$$

$$NQ-AT = (v1-AT + v2-AT + \dots\dots\dots v10-AT) / 10$$

$$NQG = (NQ-AP + NQ-AEC + NQ-AU + NQAT) / 4$$

Onde:

*NQ-AP = Nível de Qualidade referente ao requisito "Aspectos Pedagógicos"*

*NQ-AEC = Nível de Qualidade referente ao requisito "Aspectos do Ensino de Ciências"*

*NQ-AU = Nível de Qualidade referente ao requisito "Aspectos de Usabilidade"*

*NQ-AT = Nível de Qualidade referente ao requisito "Aspectos Tecnológicos"*

*NQG = Nível de Qualidade Geral do software*

*v1 a v10 = valores atribuídos pelo avaliador aos atributos de cada requisito.*

Para obter os Níveis de Qualidade, considerando-se os valores atribuídos por todos os avaliadores, calcula-se a média aritmética para cada um dos cinco níveis definidos.

É importante destacar que os cálculos dos níveis acima são para a situação em que se considera um mesmo peso (peso 1) para os quatro requisitos. Se, ao se avaliar o software, optar em considerar pesos diferentes aos atributos, será aplicada a média ponderada para calcular os níveis NQ-AP, NQ-AEC, NQ-AU e NQ-AT.

O Nível de Qualidade do Software, identificado por meio da avaliação, é obtido consultando-se o quadro 3.8, de maneira que é possível interpretar a avaliação, categorizando a qualidade do software em questão.

Quadro 3.8 - Categorização dos “Níveis de Qualidade” do software

<b>Escalas</b>	<b>Interpretação</b>
0,00 – 2,50	Baixíssima Qualidade
2,51 – 4,90	Baixa qualidade
4,91 – 7,40	Boa Qualidade
7,41 – 10,00	Alta qualidade

Os resultados da avaliação devem fornecer subsídios para a identificação do potencial do software em apoiar o ensino e aprendizagem na área de ciências, contemplando aspectos relativos aos quatro requisitos que compõem o nível de qualidade do software que está sendo focado – aspectos pedagógicos, aspectos do ensino de ciências, aspectos de usabilidade e aspectos tecnológicos.

Os valores obtidos pela avaliação poderão ser representados visualmente, através do traçado do *Perfil dos Aspectos de Qualidade Percebida*. Esse perfil é dado por gráficos ligando os pontos assinalados, em sentido vertical, nas escalas de categorias presentes na avaliação. A Figura 3.5 fornece um exemplo desse gráfico.

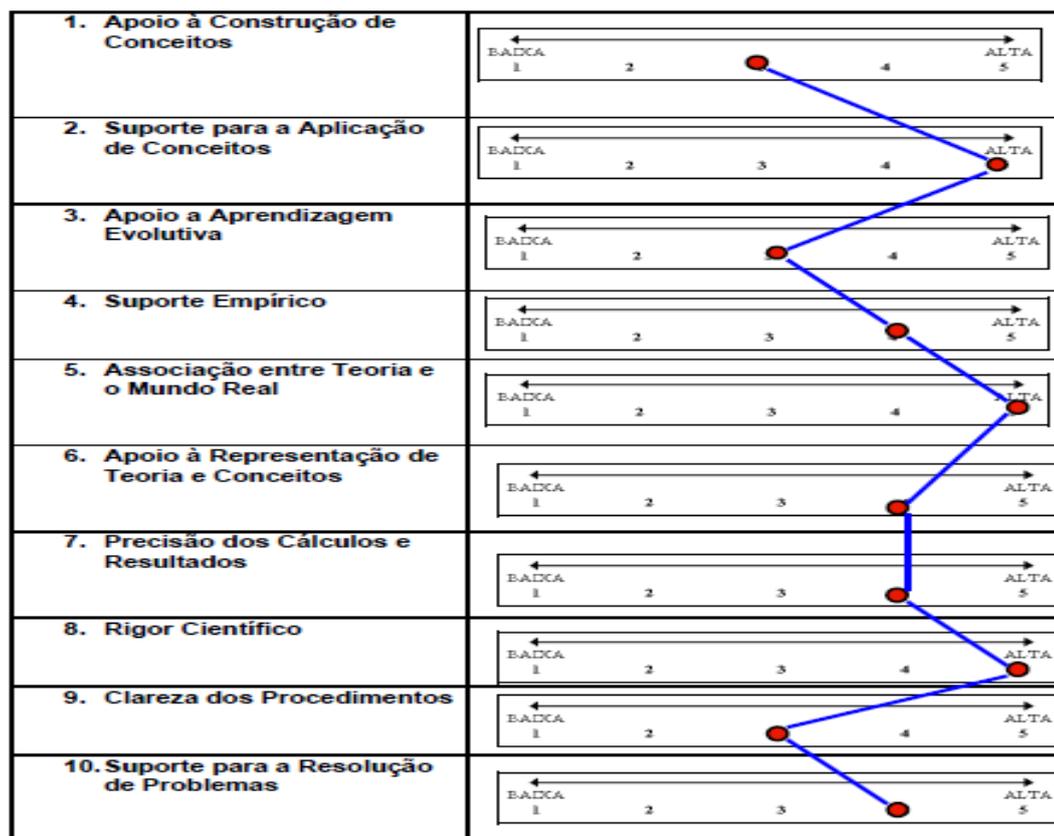


Figura 3.5 – Gráfico do *perfil dos aspectos da qualidade percebida* para a avaliação dos atributos de ensino de ciências

### 3.4. PREPARAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

Após definir os objetivos, questões e métricas que compõem o Modelo de Avaliação de Software Educacional para o Ensino de Ciências, foram preparados os instrumentos de avaliação. Estes instrumentos compreendem quatro formulários ligados diretamente ao modelo de avaliação e um formulário de cadastro.

Cada um dos quatro primeiros formulários destina-se ao levantamento de informações avaliativas sobre o software considerado, cada um deles cobrindo um requisito de qualidade ligada a cada um dos requisitos incluído no modelo, ou seja: avaliação dos aspectos pedagógicos, dos aspectos do ensino de ciências, dos aspectos de usabilidade e dos aspectos de tecnologia.

Estes quatro formulários coletam os dados necessários para a avaliação da qualidade do software, com base nos atributos que compõem cada requisito de qualidade proposto no modelo PECTUS. Para isso, são solicitadas que o avaliador pontue cada requisito, por meio de valores alocados sobre uma escala que vai de um valor mínimo (1) a um valor máximo (5).

O Formulário de Cadastro da Avaliação foi definido para levantamento dos dados sobre o software a ser avaliado e sobre os avaliadores.

Os cinco formulários citados são apresentados no Anexo C.

Este capítulo detalhou o método PECTUS, proposto para apoiar avaliações de softwares educacionais voltados para o ensino de ciências. O próximo capítulo apresentará as experiências conduzidas para a validação do modelo.

## **4. EXPERIÊNCIAS DE UTILIZAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS (PECTUS)**

Este capítulo enfoca a validação do Modelo PECTUS, discutindo experiências de utilização do mesmo por um grupo de professores de ciências do ensino fundamental e médio. O modelo foi validado, por meio de sua utilização, na avaliação de softwares da área de física, biologia e química e os resultados obtidos são apresentados e analisados.

A seção 4.1 apresenta o processo seguido na condução das experiências realizadas, referente ao uso do modelo para avaliação dos softwares.

A seção 4.2 apresenta os resultados obtidos por meio da avaliação dos softwares.

A seção 4.3 apresenta a análise do modelo PECTUS, a partir dos dados obtidos com a utilização do mesmo na avaliação dos softwares.

A seção 4.4 apresenta a síntese dos resultados obtidos a partir das experiências de utilização do modelo PECTUS na avaliação dos softwares educacionais para o ensino de ciências.

### **4.1. CONDUÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS DE UTILIZAÇÃO DO MODELO PECTUS**

#### **4.1.1. PARTICIPANTES**

O modelo proposto foi validado com professores que lecionam no 2º Ciclo do ensino fundamental e no ensino médio, nas áreas de biologia, química e física. Estes professores foram escolhidos de forma intencional, de acordo com critérios compatíveis com a abordagem GQM, considerando-se a disposição dos professores em participar da pesquisa. A amostra de participantes envolveu nove professores, dos quais três são formados em física, três em biologia e três em química, com 3 a 5 anos de experiência na

docência do ensino fundamental e médio. Todos os professores da rede pública de ensino de Minas Gerais e São Paulo e com experiência prévia no uso de recursos de informática em sala de aula.

A validação do Modelo PECTUS compreendeu as seguintes etapas:

- Contato inicial com os participantes, feito verbalmente e por e-mail, incluindo a explanação dos objetivos da pesquisa, das características principais do Modelo e do processo de validação do Modelo.
- Envio, por e-mail, do Modelo PECTUS aos participantes que aceitaram participar da pesquisa, incluindo os instrumentos de levantamento de dados constantes do modelo, ou seja, os formulários para avaliação dos requisitos de Pedagogia, Ensino de Ciências, Tecnologia e Usabilidade.
- Indicação de três softwares educacionais para o ensino e aprendizagem de temas de ciências, sendo um de física, um de biologia e um de química.
- Solicitação para que cada professor participante da pesquisa avaliasse o software compatível com a sua área de docência, seguindo o processo de avaliação proposto pelo Modelo PECTUS. Ao final da avaliação, esses participantes deveriam devolver os formulários preenchidos, sendo enfatizada a importância de inclusão de opiniões e comentários, nos campos destinados a esse fim.

As experiências conduzidas, além de propiciarem a validação do Modelo PECTUS, resultaram na avaliação dos três softwares indicados para ensino e aprendizagem de temas da área de ciências, constantes dos conteúdos programáticos do ensino fundamental e médio.

#### **4.1.2. SOFTWARES AVALIADOS**

Foram indicados, para avaliação, três softwares gratuitos, disponíveis *online* e que possuem potencial como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem na área de ciências. A escolha dos softwares indicados baseou-se em critérios relacionados ao uso gratuito, facilidade de obtenção *online*, facilidade de instalação e funcionamento em diferentes plataformas, e disponibilização de documentação *online* como tutoriais e relatos de práticas.

Neste contexto, foram selecionados os seguintes softwares: Cartes Du Ciel (Lazarus, 2009), representando a área de física; Geneious (Biomatters, 2012), representando a área de biologia; e ACD/Chemsketch (ACD/Labs, 2010), representando a área de química. Esses softwares serão brevemente descritos a seguir.

#### 4.1.2.1. SOFTWARE CARTES DU CIEL

Este software tem como objetivo apoiar o ensino e aprendizagem de astronomia. Ele permite que o usuário monte cartas celestes, com base em 16 catálogos astronômicos, contribuindo assim para a pesquisa e observação espacial. O Cartes Du Ciel permite a personalização de elementos como cores, dimensões, visibilidade, entre outras variáveis, acomodando interesses, de acordo com o perfil de cada usuário. Possui recursos que acessam bancos de dados de localização de cidades brasileiras e do mundo, através de coordenadas, possibilitando assim uma visão do espaço celeste da região considerada. O software permite visualizar a dimensão de estrelas de até 12ª magnitude, asteroides e cometas, com representações detalhadas. Os catálogos pesquisados são atualizados pela internet, sempre que necessário.

A figura 4.1 ilustra o software Cartes Du Ciel, mostrando sua tela principal.

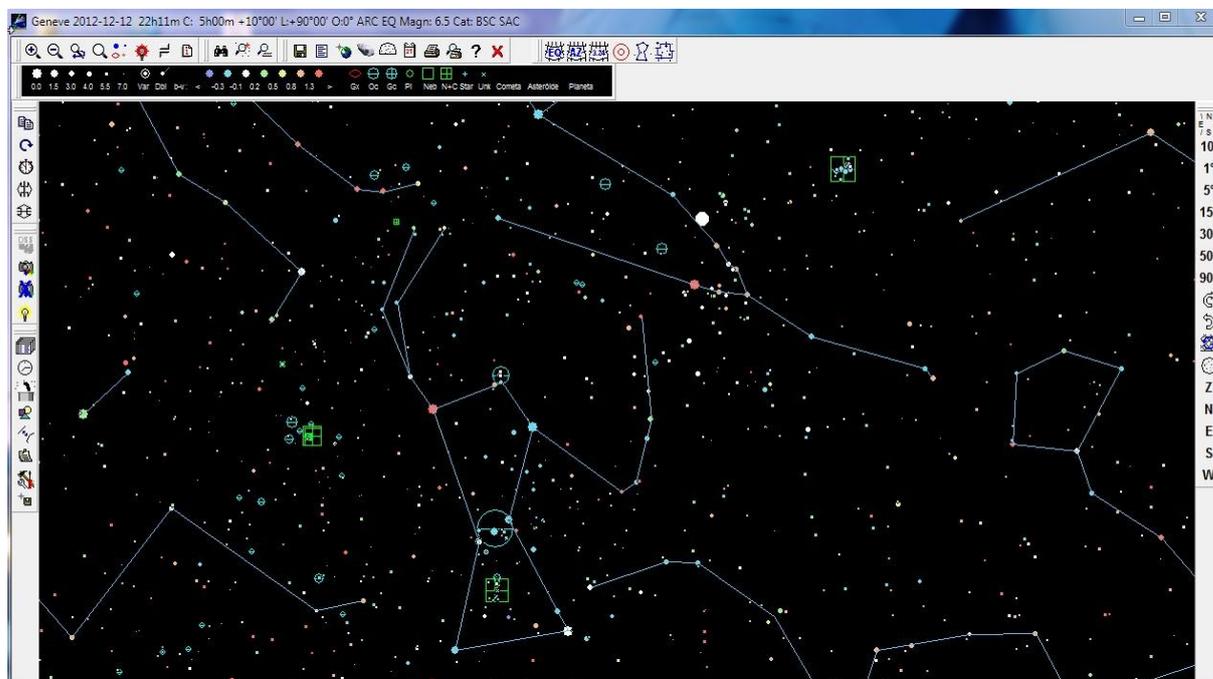


Figura 4.1 - Tela principal do software Cartes Du Ciel (Lazarus/FreePascal, 2009)

Com base em seus objetivos e características, o software Cartes Du Ciel pode ser usado em sala de aula, como suporte a aulas referentes ao tema astronomia.

#### 4.1.2.2. SOFTWARE GENEIOUS

Este software tem como objetivo apoiar a visualização, manipulação, exploração e compartilhamento de dados sobre sequenciamento de DNA e proteínas. O software utiliza conhecimentos de bioinformática e combina diferentes recursos, que permitem analisar informações por meio de simulações e gráficos em formato tridimensional. É um programa que pode ser utilizado por profissionais das áreas biológicas e educacional, possuindo recursos de bancos de dados que permitem acessar e armazenar dados de experimentos e projetos conduzidos.

A figura 4.2 ilustra a interface inicial do software Geneious.

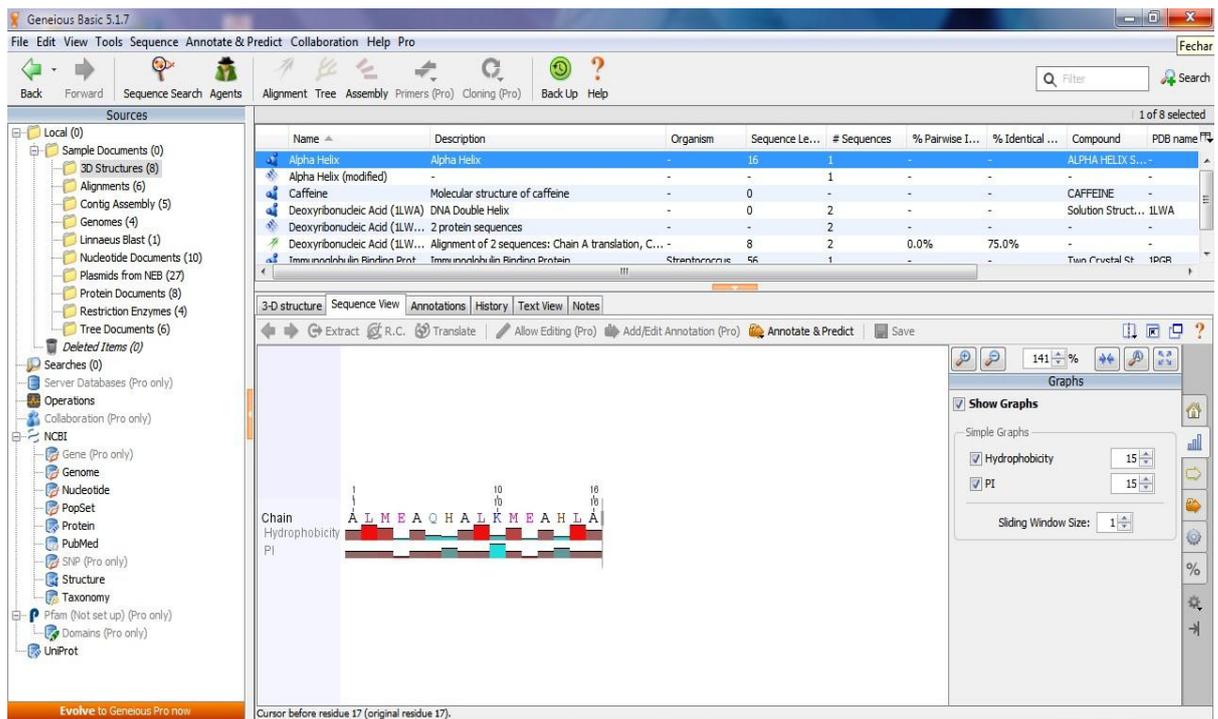


Figura 4.2 – Tela principal do software Geneious (Biomatters, 2012)

Em função de seus objetivos e características, o Geneious pode apoiar o ensino e aprendizagem sobre temas de engenharia genética.

### 4.1.2.3. SOFTWARE ACD/CHEMSKETCH 12.0

Este software tem como objetivo apoiar a construção, manipulação e geração de modelos bidimensionais e tridimensionais de estruturas químicas. Oferece recursos para nomeação, segundo os critérios da IUPAC<sup>1</sup>, cálculos de LogP e reconhecimento de estruturas e tautômeros, incluindo desenho de polímeros, organometálicos e análise de propriedades físicas e químicas. Possui recursos de bancos de dados para armazenamento e busca via web. Além disso, há versões disponíveis para os sistemas Windows e Linux.

A figura 4.3 ilustra a interface inicial do software ChemSketch 12.0.

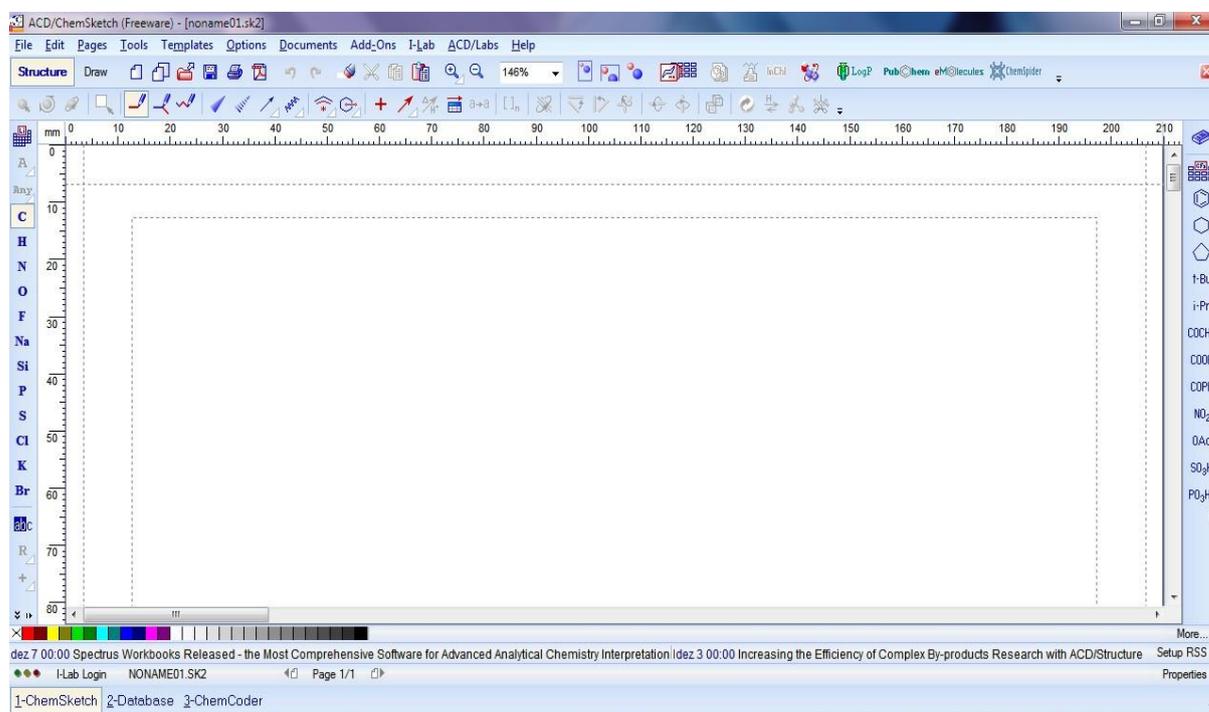


Figura 4.3 – Tela principal do software ChemSketch 12.0 (ACD/Labs, 2010)

A exploração dos objetivos e recursos do ChemSketch contribui para o ensino e aprendizagem de química nos ensinos fundamental e médio.

---

<sup>1</sup> IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry – É um órgão não governamental que serve para fazer avançar os aspectos no mundo das ciências químicas e contribuir para a aplicação da química a serviço da Humanidade. Disponível em: <http://www.iupac.org/>. Acesso em 19/02/2013.

### 4.1.3. REALIZAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS COM O MODELO PECTUS

Através dos instrumentos de coleta de dados constante do modelo PECTUS, os nove professores que atuaram na validação do modelo, por meio da avaliação dos três softwares, puderam expressar sua opinião para cada requisito e atributo considerado, aferindo um índice a cada um deles, por meio de uma escala de medida.

Os professores que aceitaram participar da pesquisa receberam um pacote de arquivos, contendo um formulário de cadastro, o instrumento de coleta de dados e a indicação do software a ser usado e avaliado por meio do modelo, acompanhado do *link* de acesso. A realização da avaliação partiu do desenvolvimento de uma atividade simples, em que cada participante deveria realizar o *download* do software, instalá-lo e utilizá-lo sob o ponto de vista de ensino e aprendizagem.

Com base na utilização do software, os professores participantes avaliaram o software e também analisaram o modelo PECTUS.

De acordo com o modelo, os professores avaliadores consideraram os atributos relacionados aos aspectos de “Pedagogia” (P), “Ensino de Ciências” (EC), “Tecnologia” (T) e “Usabilidade” (US).

Para responder aos quatro módulos da avaliação, os participantes, assinalaram um número em uma escala, contendo valores que variam de 1 a 5, que fosse mais coerente com o ponto de vista por ele percebido, com base no uso do software. Além disso, os participantes deveriam registrar opiniões e comentários sobre características do modelo, em campos reservados para tal finalidade.

O objetivo das avaliações, conforme já anteriormente mencionado, é aferir um “perfil de qualidade” para softwares educacionais voltados para o ensino de ciências. Desta forma, o modelo PECTUS pode representar um recurso para identificação do nível de qualidade de produtos de software educacionais para o ensino de ciências.

Os resultados das avaliações dos três softwares são apresentados na próxima seção. Sendo importante destacar que os cálculos das medidas estatísticas foram realizadas por meio do software R (The R Foundation, 2012).

## 4.2. AVALIAÇÃO DOS SOFTWARES POR MEIO DO MODELO PECTUS

### 4.2.1. AVALIAÇÃO DO SOFTWARE CARTES DU CIEL

O software Cartes Du Ciel foi avaliado por três professores da área da física. O quadro 4.1 contém o cadastro do software, que o identifica e fornece uma característica geral.

Tabela 4.1 - Ficha de cadastro de avaliação do software Cartes Du Ciel

<b>Nome do Software</b>	Cartes Du Ciel
<b>Área</b>	Ciências / Física
<b>Descrição</b>	Software de Apoio ao Estudo de Representações de Cartas Celestes
<b>Nível de Ensino</b>	Fundamental / Médio
<b>Pesos atribuídos aos Requisitos</b>	Peso igual para todos os módulos referentes aos requisitos considerados (AP, AEC, AT, AU).

A seguir será apresentado o conjunto de avaliações do software Cartes Du Ciel, com as respostas de cada avaliador, permitindo visualizar as características do software através de gráficos verticais, que fazem parte do Modelo PECTUS. Estes gráficos indicam, por exemplo, se a qualidade de cada atributo que compõe os requisitos é baixa ou alta e o valor dado a cada atributo.

As figuras 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 ilustram os resultados obtidos pelas avaliações dos requisitos referentes aos aspectos de “Pedagogia”, “Ensino de Ciências”, “Tecnologia” e de “Usabilidade”, respectivamente.

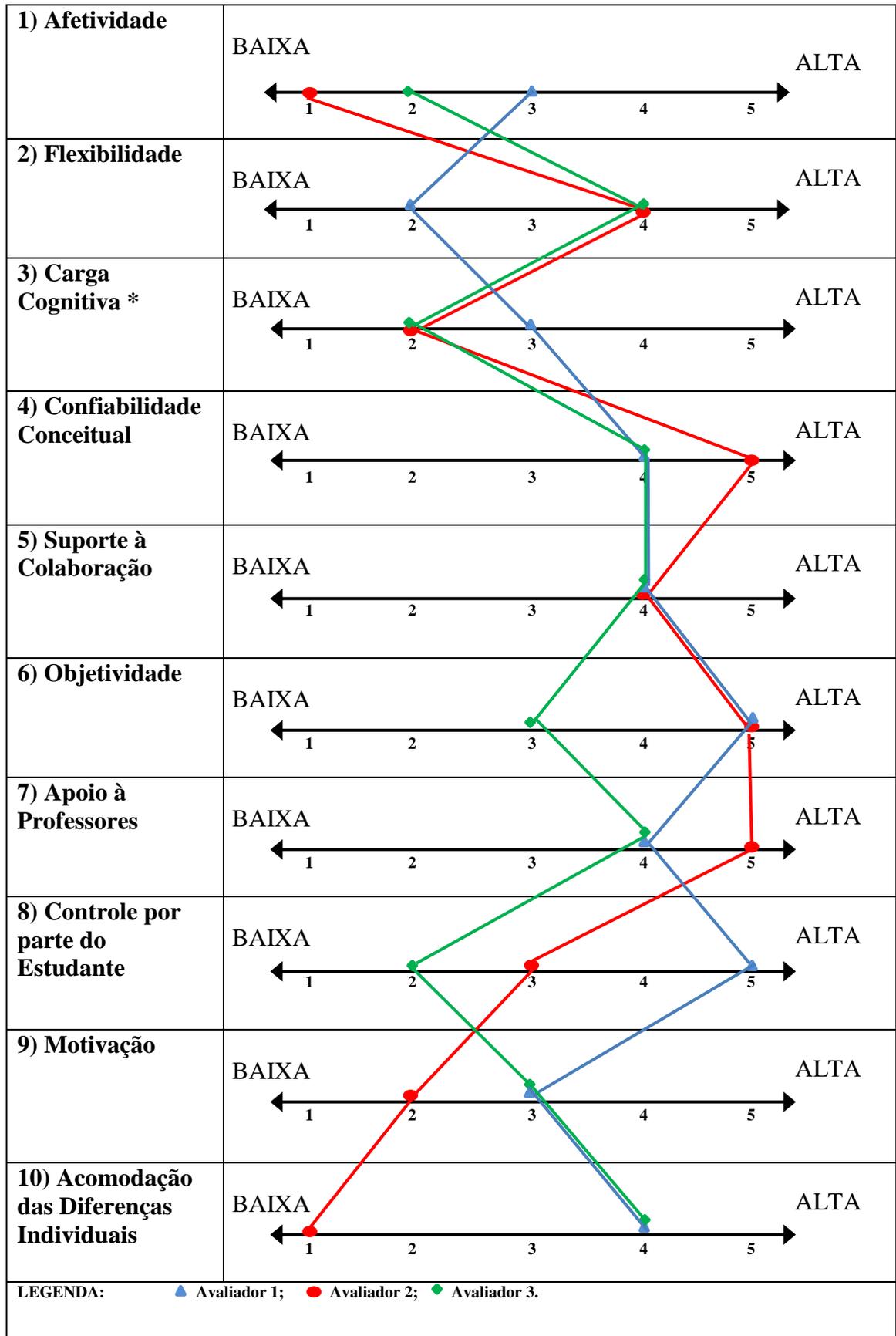


Figura 4.4 - Avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software Cartes Du Ciel

A avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software Cartes Du Ciel obteve uma média geral no valor de 6,25. Os avaliadores destacam que o software possui baixa afetividade, é flexível às exigências pedagógicas e possui baixa carga cognitiva

É um software que oferece confiabilidade conceitual, colabora e alcança os objetivos educacionais. Como recurso educacional, serve de apoio aos professores, mas não permite controle por parte dos estudantes. Conforme indicado pelos professores respondentes, o software apresenta deficiência quanto à motivação dos alunos, mas acomoda as diferenças individuais do contexto escolar.

Ao visualizar a avaliação, observa-se que seis dos dez atributos tendem para o lado direito, caracterizando os atributos do software positivamente entre “atendem a maior parte” e “atendem plenamente”. Os outros quatro atributos, três estão distribuídos aleatoriamente, entre os aspectos negativos e a linha mediana, cabendo ressaltar, que o atributo carga cognitiva, está voltado para o lado esquerdo do gráfico, significando uma qualificação positiva. Neste caso, a escala recebe valores de um (1) a dez (10) em ordem decrescente obtendo este atributo a categorização de “atende plenamente”.

O quadro 4.2 sumariza valores estatísticos a partir das notas obtidas para a avaliação dos “Aspectos de Pedagogia”.

Quadro 4.2 - Valores obtidos para os “Aspectos de Pedagogia” do software Cartes Du Ciel

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	6,75	<b>6,25</b>	7,50	0,50	0,25	2,37	0,125
Avaliador 2	6,00		7,50	-0,25	0,0625	3,94	
Avaliador 3	6,00		7,50	-0,25	0,0625	2,11	
			$\mu = 7,50$		$\Sigma SQ = 0,9375$	$\mu = 2,80$	

Os dados arrecadados permitem uma análise dos valores, em que se pode sugerir, através da média geral das notas, que o intervalo de confiança é de 95%, situado entre os valores 5,18 e 7,31 ( $\pm 1,07$ ). Ao se comparar os valores encontrados visualiza-se que as respostas dos avaliadores estão distribuídas equitativamente em comparação com a média geral. Ou seja, os avaliadores reconhecem e concordam que, a maioria dos atributos reconhecidos está em conformidade com “Aspectos de Pedagogia”, relacionando com os demais valores obtidos e os dados da série.

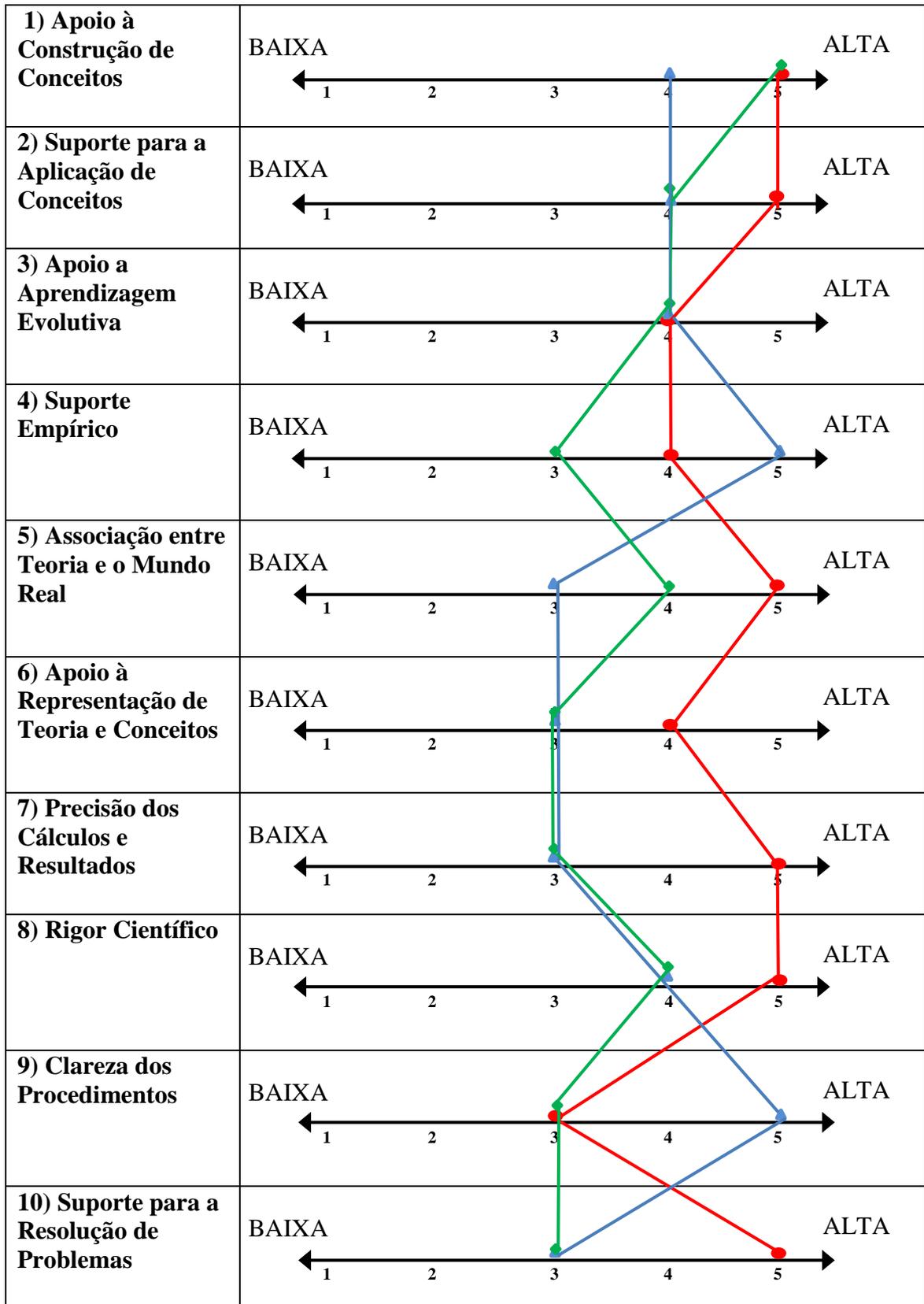


Figura 4.5 - Avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do Software Cartas Du Ciel

A avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” obteve uma nota média de 7,41. Os atributos reconhecidos no software indicam que este apoia a construção e aplicação de conceitos científicos, colabora com a aprendizagem evolutiva do aluno e se apresenta como um recurso de suporte empírico, permitindo associar os conceitos e representações teóricas científicas.

Não é possível aferir sobre a precisão dos cálculos realizados pelo software, mas os respondentes referem-se como característica presente o rigor científico das informações fornecidas. Os mesmos reconhecem deficiências quanto à clareza dos procedimentos realizados pelo software e quanto a promover um suporte à resolução de problemas.

Ao se visualizar os resultados da avaliação, observa-se que seis dos atributos reconhecidos pelos respondentes estão situados mais à direita do gráfico, classificando o software positivamente como “atende a maior parte” e “atende plenamente”. Os outros quatro atributos estão indicados na linha mediana, ou seja, “atendem a metade” das exigências do atributo.

O quadro 4.3 resume os valores obtidos das avaliações dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do software em questão.

Quadro 4.3 - Valores obtidos para os “Aspectos de Ensino de Ciências” do software Cartes Du Ciel

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	7,00	<b>7,41</b>	7,50	-0,66	0,435	1,97	85,398
Avaliador 2	8,75		10,00	-4,00	16,00	1,77	
Avaliador 3	6,50		6,25	-0,25	0,0625	1,75	
		$\mu = 7,91$			$\Sigma SQ \approx 16,5$	$\mu = 1,83$	

Ao analisar os resultados obtidos pode se concluir, comparando os valores encontrados que há 95% de confiança nos intervalos que apresentam valores entre 6,66 a 8,17 ( $\pm 0,75$ ) em relação à média da amostra.

Estes valores indicam que existe uma variação muito pequena quanto ao grau de concordância dos avaliadores para os atributos reconhecidos para os “Aspectos de Ensino de Ciências”. Ou seja, os avaliadores reconhecem os atributos e relacionam com características que estão presentes no software, conseguindo identificá-los.

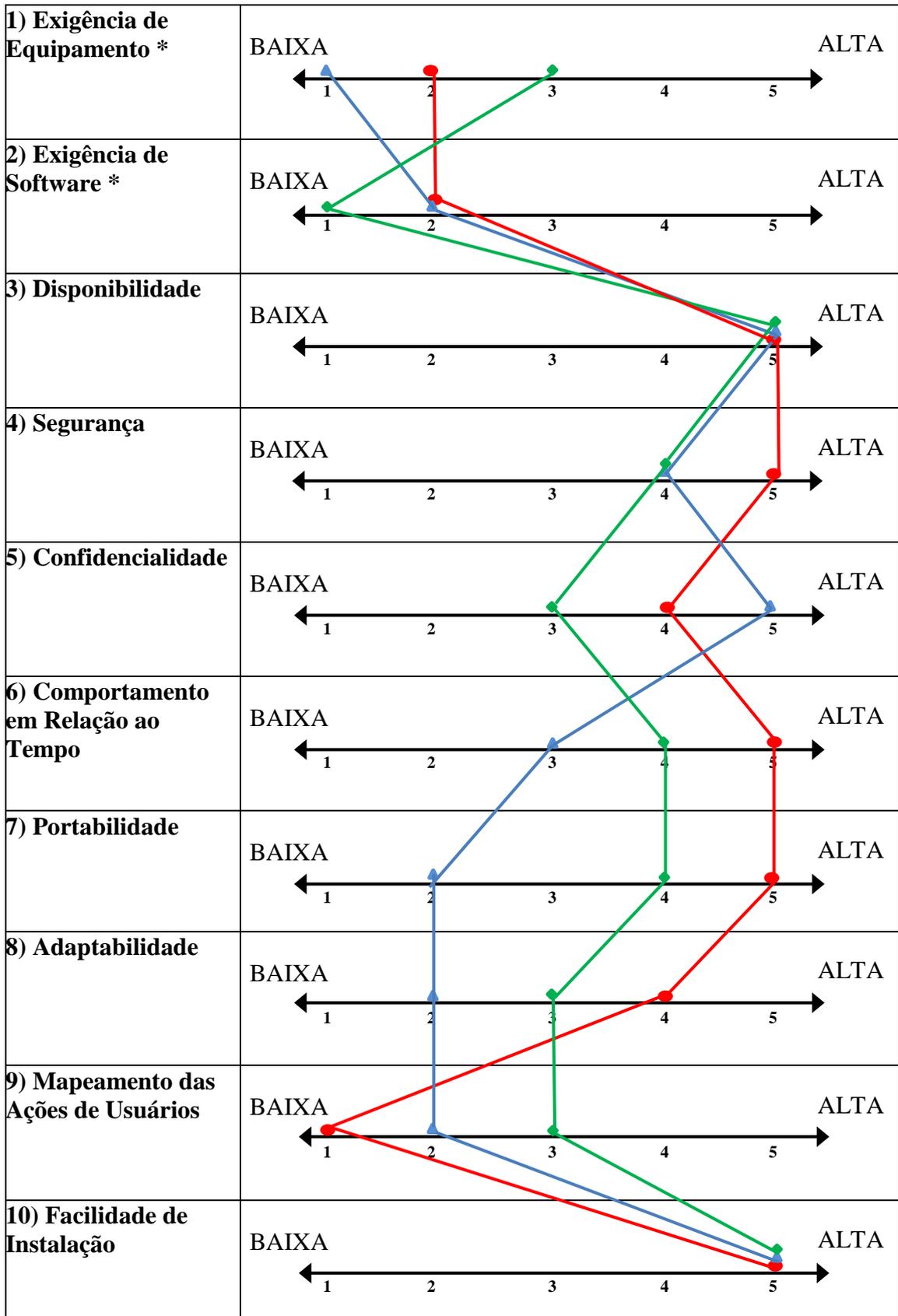


Figura 4.6 - Avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” do software Cartas Du Ciel

A avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” apresentou a pontuação média de 7,33. Os avaliadores reconhecem que o software não exige equipamentos ou softwares adicionais. É um software que está disponível, sendo seguro e confiável, correspondendo às funções ao responder prontamente. O software Cartes Du Ciel é fácil de instalar e oferece portabilidade, mas não é adaptável e não permite ao usuário mapear as ações realizadas.

Ao analisar a avaliação dos “Aspectos de Tecnologia”, pode-se observar que seis dos dez atributos do instrumento de avaliação estão posicionados do lado direito do gráfico, caracterizando os mesmos positivamente. Para os atributos “exigência de software” e “exigência de equipamento”, quanto mais negativo se apresentam, melhor é a característica destes atributos, seguindo uma escala de valores decrescentes de um (1) a dez (10) e classificando o atributo positivamente.

O quadro 4.4 contém os dados da avaliação os “Aspectos da Tecnologia” para o software Cartes Du Ciel.

Quadro 4.4 - Valores obtidos para os “Aspectos de Tecnologia” do software Cartes Du Ciel.

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	6,75	<b>7,33</b>	7,50	-0,58	0,3364	3,34	0,266
Avaliador 2	8,00		8,75	0,67	0,4489	3,07	
Avaliador 3	7,25		7,50	-0,08	0,0064	2,19	
			<b><math>\mu = 7,91</math></b>		<b><math>\Sigma SQ \approx 0,8</math></b>	<b><math>\mu = 2,86</math></b>	

Os valores apresentados na tabela 4.4 ilustram os resultados da avaliação, podendo se observar em relação a media geral que é possível identificar, que há 95% de intervalo de confiança e que estes intervalos estão entre os valores de 6,26 e 8,40 ( $\pm 1,07$ ), cabendo destacar que estes valores foram obtidos utilizando o software R.

Estas medidas permitem ter uma visão objetiva da variabilidade das respostas fornecidas e concluir que os professores ao avaliarem os softwares reconhecem, através dos atributos, que o software possui características em concordância com os “Aspectos de Tecnologia” adotados pelo modelo PECTUS.

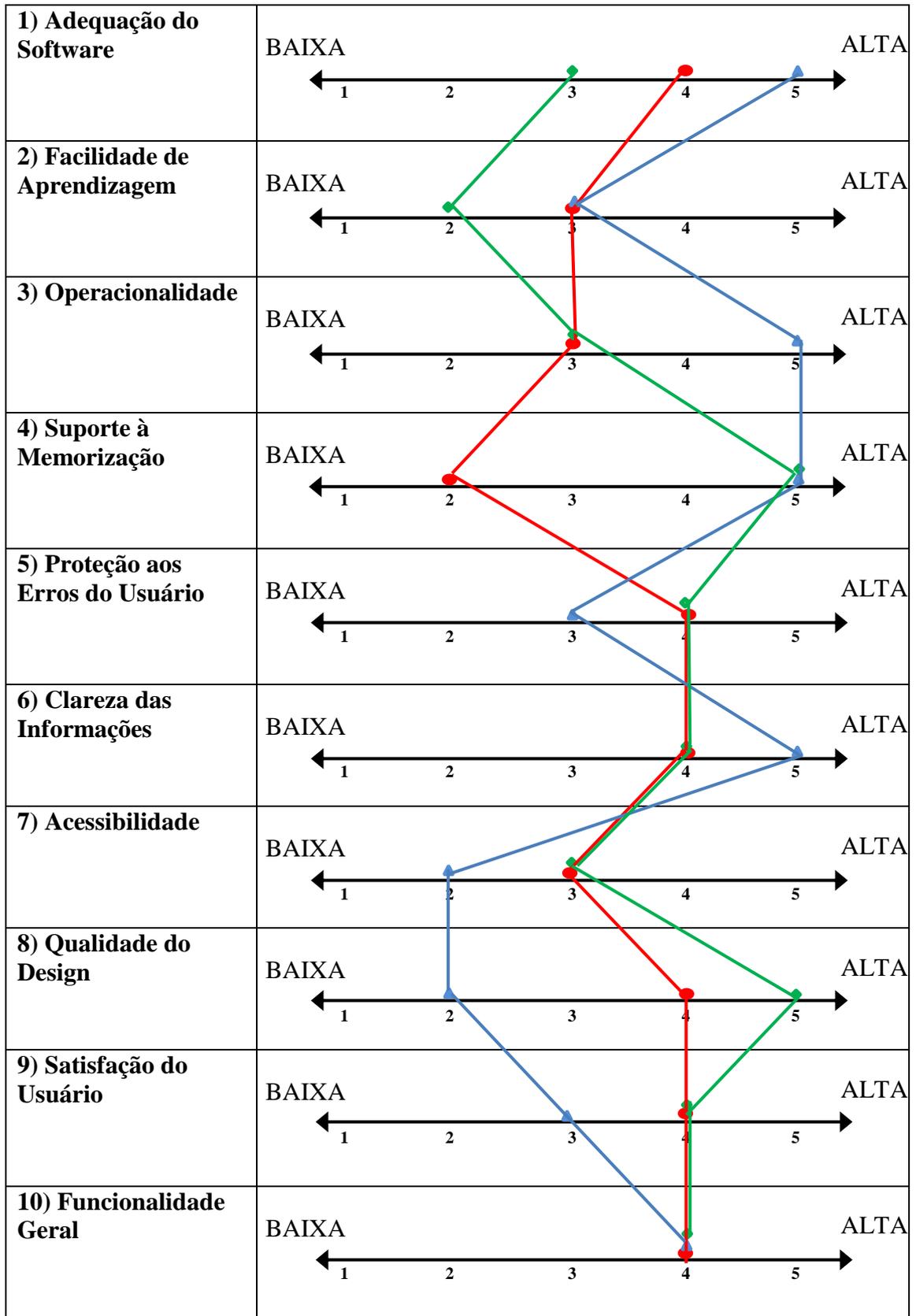


Figura 4.7 - Avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” do Software Cartas Du Ciel

A avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” alcançou uma pontuação de média de 6,58. Os professores avaliadores consideraram o software adequado ao que se propõe relativamente fácil de aprender e de operar, sendo memorizável. O software consegue detectar quando a seção corre o risco de perder dados, protegendo assim o usuário contra erros. Além disso, as informações são claras e acessíveis. Do ponto de vista dos respondentes, o design do software apresenta deficiências, mas é satisfatório, em termos de funcionalidade geral.

A avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” oferece um panorama geral dos aspectos positivos e negativos. Através do gráfico, pode-se observar que sete dos dez atributos adotados estão localizados no lado direito do gráfico, caracterizando o software positivamente, entre “atende a maior parte” a “atende plenamente” as características tecnológicas. Os demais atributos estão na linha mediana, ou seja, atendem a metade das exigências do atributo.

O quadro 4.5 sumariza os dados obtidos para a avaliação da usabilidade.

Quadro 4.5 - Valores obtidos para os “Aspectos da Usabilidade” do software Cartes Du Ciel

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	6,75	<b>6,58</b>	6,25	0,17	0,0289	3,12	0,23
Avaliador 2	6,25		7,50	-0,33	0,1089	1,76	
Avaliador 3	6,75		7,50	0,17	0,0289	2,37	
			<b><math>\mu = 7,08</math></b>		<b><math>\Sigma SQ \approx 0,69</math></b>	<b><math>\mu = 2,41</math></b>	

Os dados apresentados no quadro 4.5 acima possibilitam concluir que existe um intervalo de confiança de 95% entre os valores de 5,68 e 7,48 ( $\pm 1,00$ ). Estes valores permitem concluir que os respondentes, através do instrumento de avaliação, reconhecem os aspectos de usabilidade, sugerindo uma concordância entre si quanto ao reconhecimento deste requisito para a avaliação do software em questão.

A figura 4.8 apresenta a média das respostas por atributo, em cada avaliação, considerada pelo modelo.

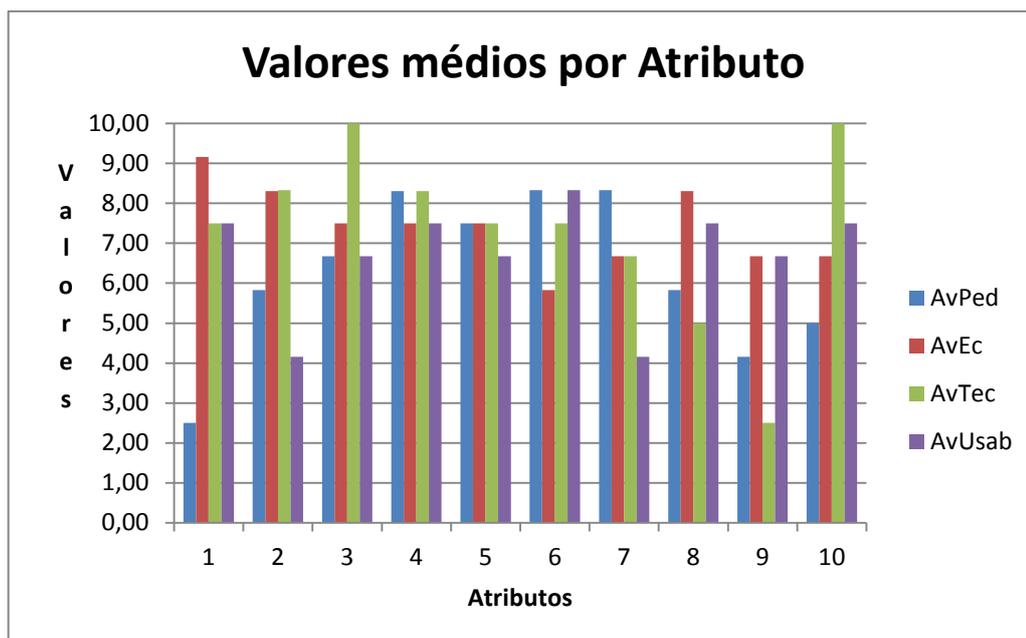


Figura 4.8 - Gráfico das médias das notas dos atributos do software Cartes Du Ciel

O gráfico mostrado na figura 4.8 sumariza a avaliação dos quatro requisitos de qualidade e respectivos atributos, propostos pelo modelo PECTUS, para avaliação de software educacional para o ensino de ciências. Neste sentido, podem ser destacados os seguintes resultados:

- Quanto aos “Aspectos de Pedagogia”, foram destacados os atributos em ser um recurso flexível ao professor, de baixa demanda de atenção, com conceitos confiáveis, colaborativo, objetivo e em condições de ser manipulado pelos estudantes. Em contra partida foi detectado que o software apresenta pouca afetividade, baixa motivação e pode não acomodar as diferenças individuais para a aprendizagem.
- Quanto aos “Aspectos de Ensino de Ciências”, merece destaque o fato de que o software caracteriza positivamente os conceitos científicos que o software simula.
- Quanto aos “Aspectos de Tecnologia”, cabe destacar que este foi o requisito avaliado com os maiores índices, interpretando o software como uma ferramenta que possui um conjunto integrado de instrumentos capazes de aplicar o conhecimento científico em uma prática. O único atributo negativo do software, indicado pela avaliação, é que ele não possui mapeamento das ações do usuário.
- Quanto aos “Aspectos de Usabilidade”, observa-se que este requisito recebeu avaliação positiva para a maioria dos atributos analisados. No entanto, a avaliação

indicou, que o software apresenta certa dificuldade para se aprender a utilizá-lo, além de não atender o atributo de acessibilidade.

A tabela 4.6 apresenta os resultados da avaliação para o software Cartes Du Ciel, com as notas de cada requisito, a média geral das notas obtidas nas avaliações individuais e as médias para cada requisito.

Quadro 4.6 - Resultados das avaliações do software Cartes Du Ciel

Requisitos	Notas por Avaliador			Resultado da Avaliação por Atributo	Resultado Geral da Avaliação dos Requisitos por Avaliador
	AV1	AV2	AV3		
Pedagogia	6,75	6,00	6,00	$\bar{X}_{PED} = 6,25$	$Av1 = 6,81$
Ensino Ciências	7,00	8,75	6,50	$\bar{X}_{EC} = 7,41$	$Av2 = 7,25$
Tecnologia	6,75	8,00	7,25	$\bar{X}_{TEC} = 7,33$	$Av3 = 6,62$
Usabilidade	6,75	6,25	6,75	$\bar{X}_{USAB} = 6,58$	Resultado: $\bar{X} = 6,89$
				$\bar{X}_{ATRIB/4} = 6,89$	

A avaliação do software Cartes Du Ciel, realizada pelos professores participantes da pesquisa, permitiu definir o *perfil dos aspectos de qualidade percebida*, para cada atributo constante dos quatro requisitos definidos. A média final obtida pela avaliação foi de 6,89. Este valor indica que o software oferece *boa qualidade*, de acordo com o quadro de categorização (seção 3.3.2) adotada pelo modelo PECTUS.

#### 4.2.2. AVALIAÇÃO DO SOFTWARE GENEIOUS

O software Geneious foi avaliado por três professores da área de biologia. O quadro 4.7 contém os itens contemplados no seu cadastro.

Quadro 4.7 - Ficha de cadastro de avaliação do software Geneious

Nome do Software	Geneious
Área	Ciências / Biologia
Descrição	Software de Suporte ao estudo de cadeias de DNA e proteínas
Nível de Ensino	Médio
Pesos Atribuídos aos Requisitos	Peso igual para todos os módulos referentes aos requisitos considerados (AP, AEC, AT, AU).

A seguir será apresentado o conjunto de avaliações do software Geneious, com as respostas de cada avaliador, permitindo visualizar as características do software através de gráficos verticais, que fazem parte do modelo PECTUS. Estes gráficos indicam, por exemplo, se a qualidade de cada atributo que compõe os requisitos é baixa ou alta e o valor dado a cada atributo.

As figuras 4.9, 4.10, 4.11 e 4.12 ilustram os resultados obtidos pelas avaliações dos requisitos referentes aos aspectos de “Pedagogia”, “Ensino de Ciências”, “Tecnologia” e de “Usabilidade”, respectivamente.

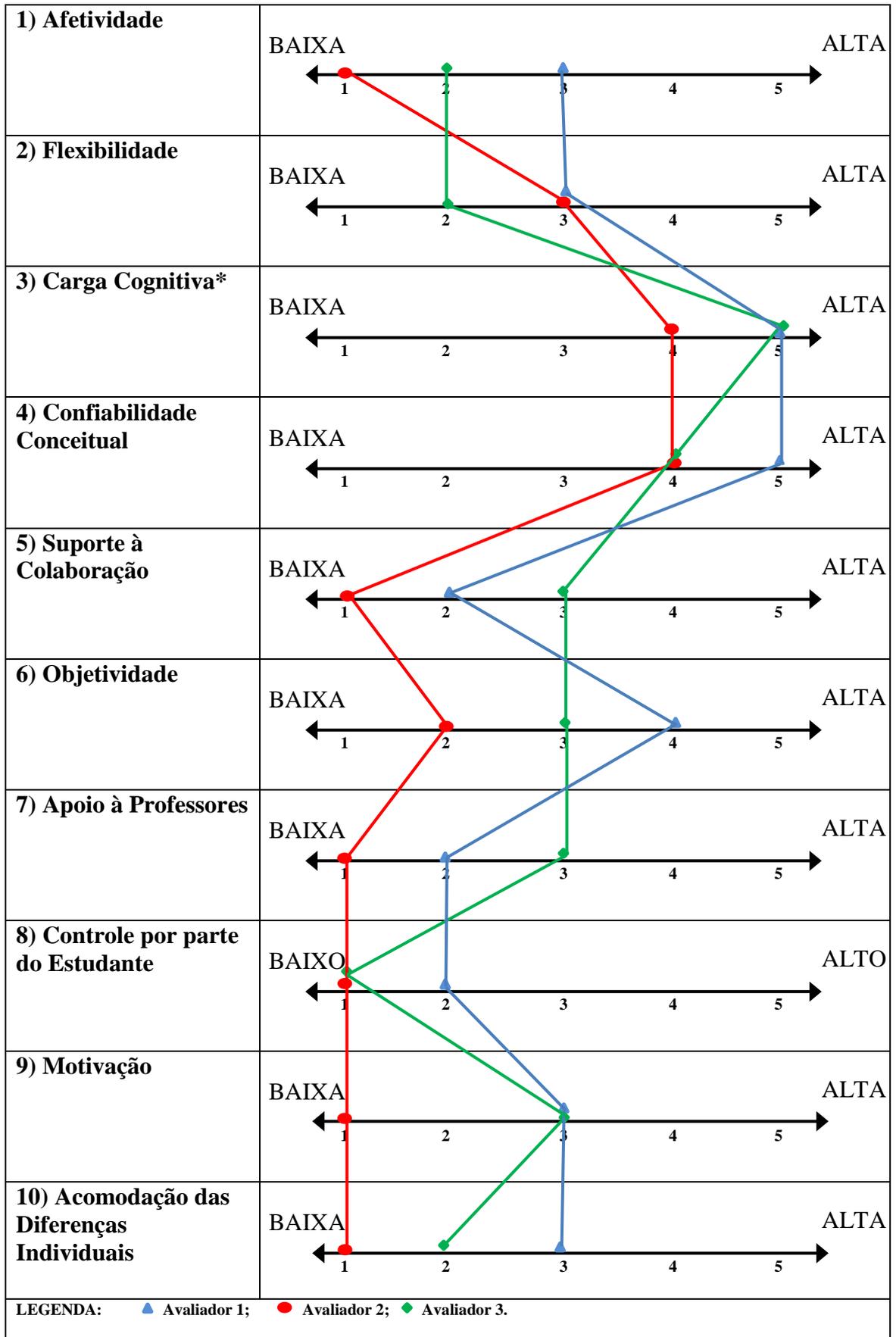


Figura 4.9 - Avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software Geneius

A avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software Geneious obteve a pontuação de 3,25. Este valor caracteriza o software negativamente para esse requisito. Os respondentes não reconhecem a afetividade e flexibilidade no software, que este oferece uma carga cognitiva alta para ser um recurso de aprendizagem, mesmo que haja uma confiabilidade conceitual também alta, o software é deficiente quanto a apoiar os professores em atividades educacionais.

Os avaliadores reconhecem que há objetividade no software, porém este não oferece controle por parte dos estudantes, não provoca motivação necessária para a aprendizagem e não acomoda as diferenças individuais.

Ao analisar a distribuição das respostas através do gráfico da avaliação, observa-se que sete dos dez atributos adotados para a os “Aspectos de Pedagogia” estão situados em pontos à esquerda, ou seja, caracterizados como “não atende” ou “atende pequena parte” das características necessárias. O atributo carga cognitiva está mais à direita, sendo para essa característica, uma condição negativa.

O quadro 4.8 a seguir permite analisar os dados para a avaliação dos aspectos da Pedagogia para o software Geneious.

Quadro 4.8 - Valores obtidos para os “Aspectos de Pedagogia” para o software Geneious.

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	4,50	<b>3,25</b>	5,00	-0,50	0,25	2,84	1,123
Avaliador 2	1,75		0,00	1,75	3,06	2,65	
Avaliador 3	3,50		3,75	-0,25	0,0625	2,42	
			<b><math>\mu = 2,91</math></b>		<b><math>\Sigma SQ \approx 3,37</math></b>	<b><math>\mu = 2,63</math></b>	

Os valores mostrados no quadro 4.8 permitem realizar uma análise do conjunto de respostas fornecidas pelos avaliadores e concluir que existe um intervalo de confiança de 95%, entre os valores de 2,20 a 4,29 ( $\pm 1,05$ ). Estes valores mostram que os respondentes, através do instrumento de avaliação, reconhecem os “Aspectos de Pedagogia”, o que sugere uma concordância para estas questões e que o software Geneious apresenta deficiência.

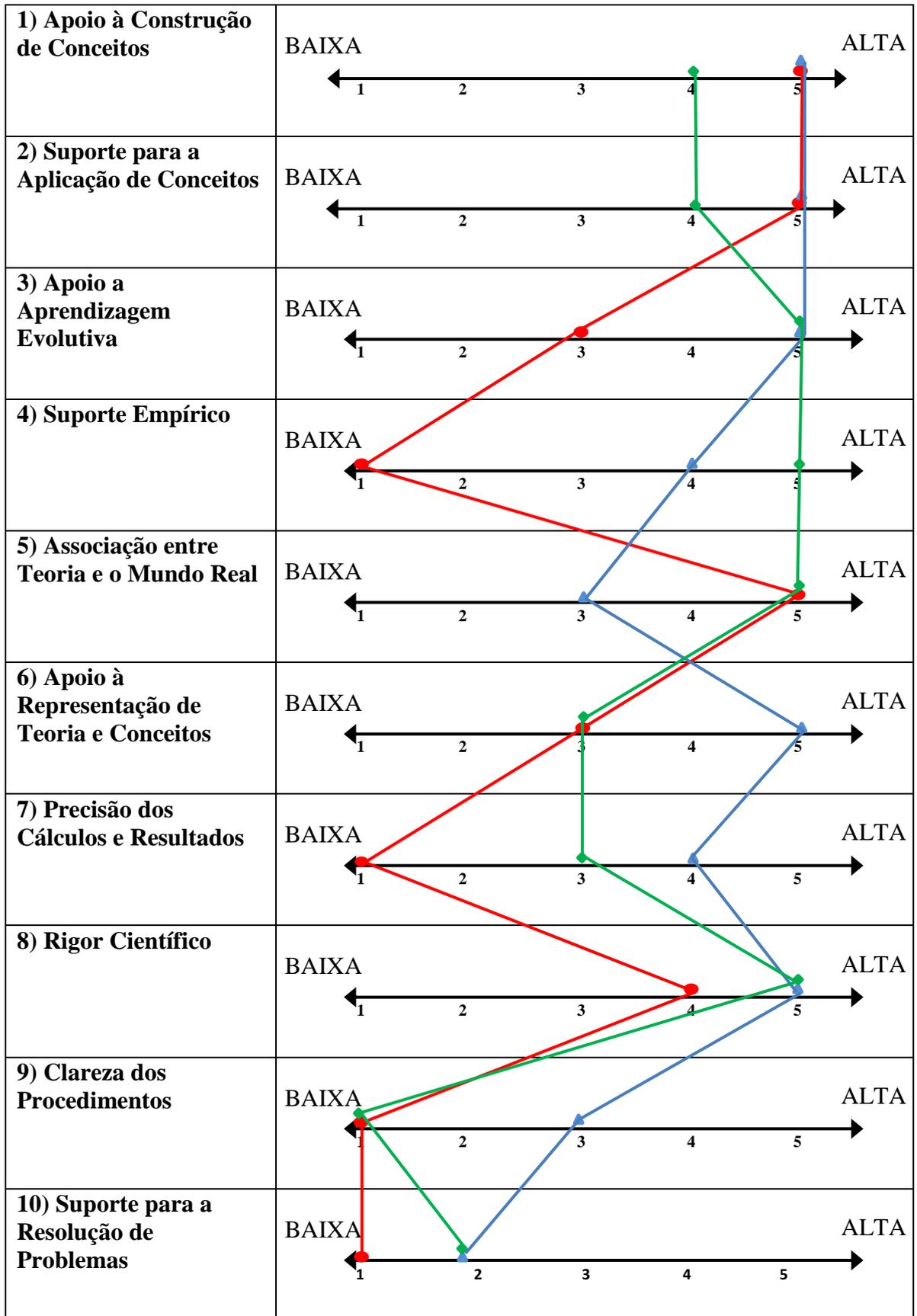


Figura 4.10 - Avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do software Geneiους

A avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” para o software Geneious recebeu uma pontuação no valor de 6,41. O software apoia a construção e aplicação de conceitos científicos para uma aprendizagem evolutiva, além de apresentar suporte empírico e associação e representação de teorias e conceitos científicos. O software Geneious oferece precisão em seus cálculos e resultados com rigor científico, porém apresenta deficiência quanto à clareza dos procedimentos e suporte à resolução de problemas.

Observando o gráfico, da figura 4.10 verifica-se que apresenta seis de dez atributos localizados mais à direita, ou seja, categorizando positivamente o software para os “Aspectos de Ensino de Ciências”. De acordo com o quadro (3.3.2), os avaliadores reconhecem que o este software “atende a metade”, “a maior parte” e “plenamente” as características para este aspecto.

O quadro 4.9 sumariza os resultados obtidos pela avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do software avaliado.

Quadro 4.9 - Valores obtidos para os “Aspectos de Ensino de Ciências” do software Geneious

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	7,75	<b>6,41</b>	8,75	- 1,00	1,00	2,75	0,73
Avaliador 2	4,75		5,00	- 0,25	0,0625	4,48	
Avaliador 3	6,75		7,50	- 0,75	0,5625	3,55	
			<b><math>\mu = 7,08</math></b>		<b><math>\Sigma SQ \approx 2,19</math></b>	<b><math>\mu = 3,59</math></b>	

Os dados arrecadados permitem comparar os resultados das avaliações realizadas e, por hipótese, concluir que existe um intervalo de confiança de 95% entre os valores de 5,01 a 7,81 ( $\pm 1,40$ ). Estes valores sugerem que existe concordância dos avaliadores em classificar o software positivamente, para os atributos deste aspecto.

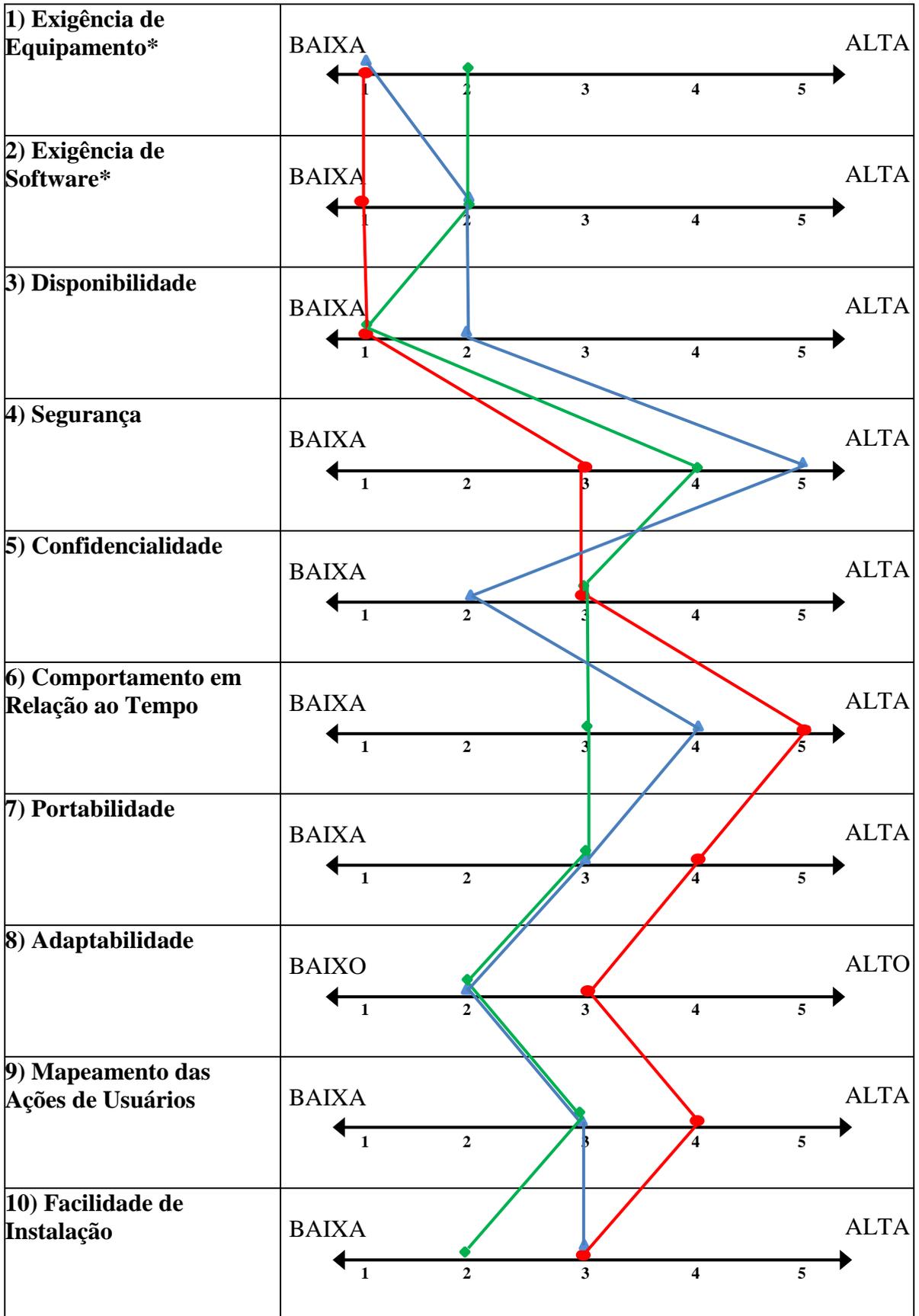


Figura 4.11 - Avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” do Software Geneious

A avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” levou a uma pontuação de 5,66. Os professores avaliadores afirmam que o software não faz exigência de equipamento e de softwares adicionais e que a disponibilidade da ferramenta é baixa, por apresentar algumas dificuldades de instalação. O recurso oferece segurança, mas a confiabilidade também é baixa.

O software Geneious responde bem em relação ao tempo e apresenta portabilidade, porém é pouco adaptável. Os atributos de mapeamento das ações do usuário e facilidade de instalação se apresentam relativamente neutros.

O gráfico formado pelas respostas para a avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” indica que, para este requisito, o software apresenta um resultado equilibrado entre positivo e negativo. Ou seja, analisando-se os atributos existem aqueles que “não atendem” ou “atendem muito pouco” as características tecnológicas, em contrapartida, há também alguns atributos que “atendem muito” ou “atendem plenamente”.

O quadro 4.10 contém os resultados referentes à avaliação dos “Aspectos de Tecnologia”.

Quadro 4.10 - Valores obtidos para os “Aspectos de Tecnologia” do software Geneious

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	5,75	<b>5,66</b>	5,00	0,75	0,5625	2,90	0,1875
Avaliador 2	6,25		6,25	0,00	0,00	3,16	
Avaliador 3	5,00		5,00	0,00	0,00	2,49	
			<b><math>\mu = 5,41</math></b>		<b><math>\Sigma SQ \approx 0,5625</math></b>	<b><math>\mu = 2,85</math></b>	

O quadro indica que há um valor para o intervalo de confiança de 95% entre 4,59 e 6,73 ( $\pm 1,07$ ). Neste aspecto, observa-se que os atributos reconhecidos pelos respondentes permitem concluir que os avaliadores concordam que o software apresenta tanto características boas como ruins quanto aos “Aspectos de Tecnologia”.

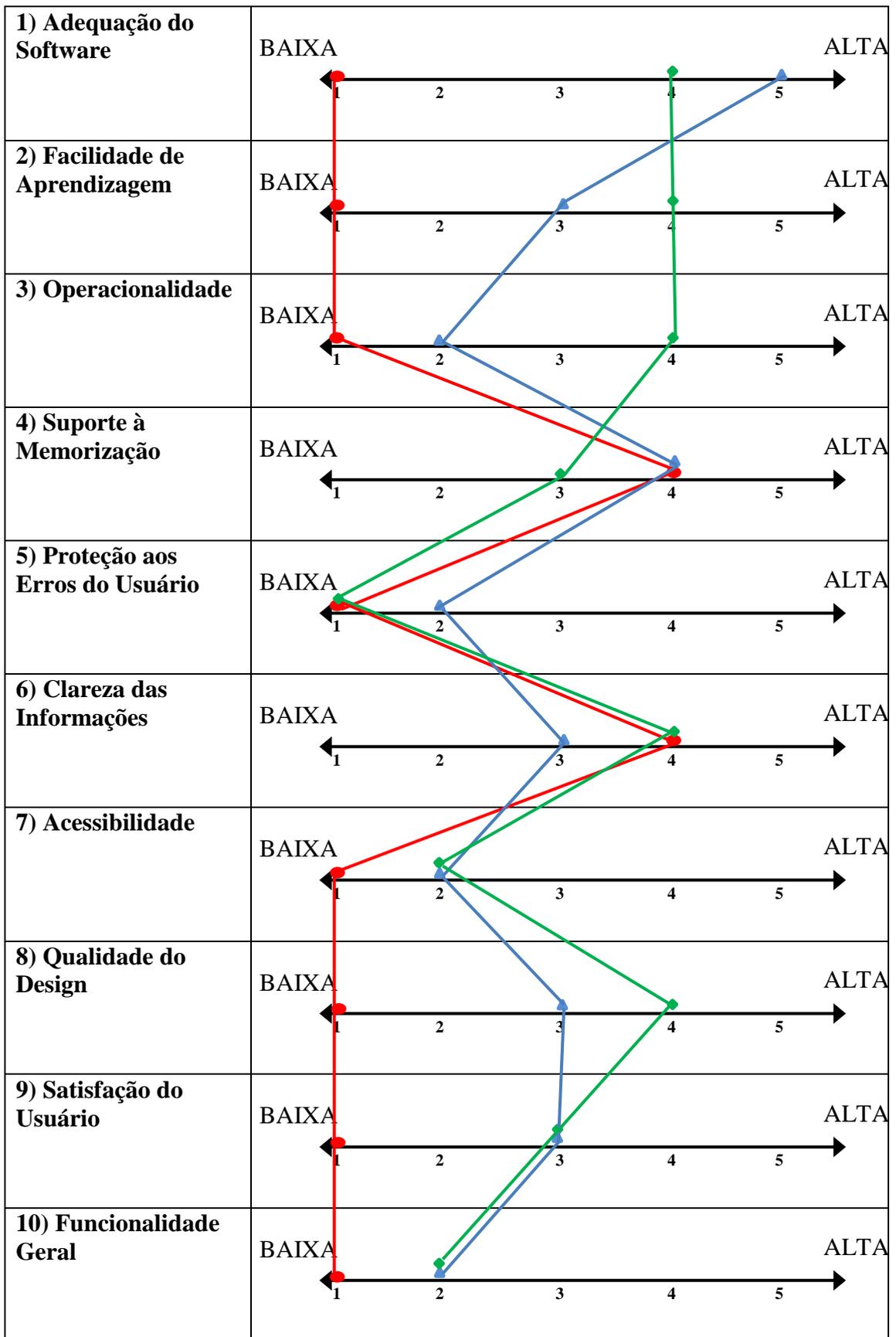


Figura 4.12 - Avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” do software Geneious

A avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” teve uma pontuação de 3,83. Os avaliadores respondentes referem-se ao software como adequado, mas não tão fácil de aprender. A operacionalidade é baixa, mesmo que permita memorizar algumas de suas funções. O software não oferece proteção contra os erros do usuário. As informações apresentadas pelo software são claras, contudo a sua acessibilidade é baixa e o seu design é relativamente interessante, mas não satisfaz ao usuário por apresentar uma funcionalidade baixa.

O quadro 4.11 contém os valores obtidos pela avaliação do software.

Quadro 4.11 - Valores obtidos para os “Aspectos de Usabilidade” do software Geneious

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	4,75	<b>3,83</b>	5,00	- 0,25	0,0625	2,49	1,10
Avaliador 2	1,50		0,00	1,50	2,25	3,16	
Avaliador 3	5,25		6,25	- 1,00	1,00	2,75	
			$\mu = 3,75$		$\Sigma SQ \approx 3,31$	$\mu = 2,80$	

A partir dos dados obtidos através das respostas dos avaliadores é possível identificar o intervalo de confiança de 95%, entre 2,63 e 5,02 ( $\pm 1,10$ ) para esse aspecto. As características reconhecidas pelos respondentes, ao avaliarem o software, permitem concluir que este apresenta aspectos negativos para o critério da usabilidade.

O gráfico mostrado na figura 4.13 sumariza a avaliação dos quatro requisitos de qualidade e seus respectivos atributos, conforme o modelo PECTUS para avaliação de software educacional para o ensino de ciências.

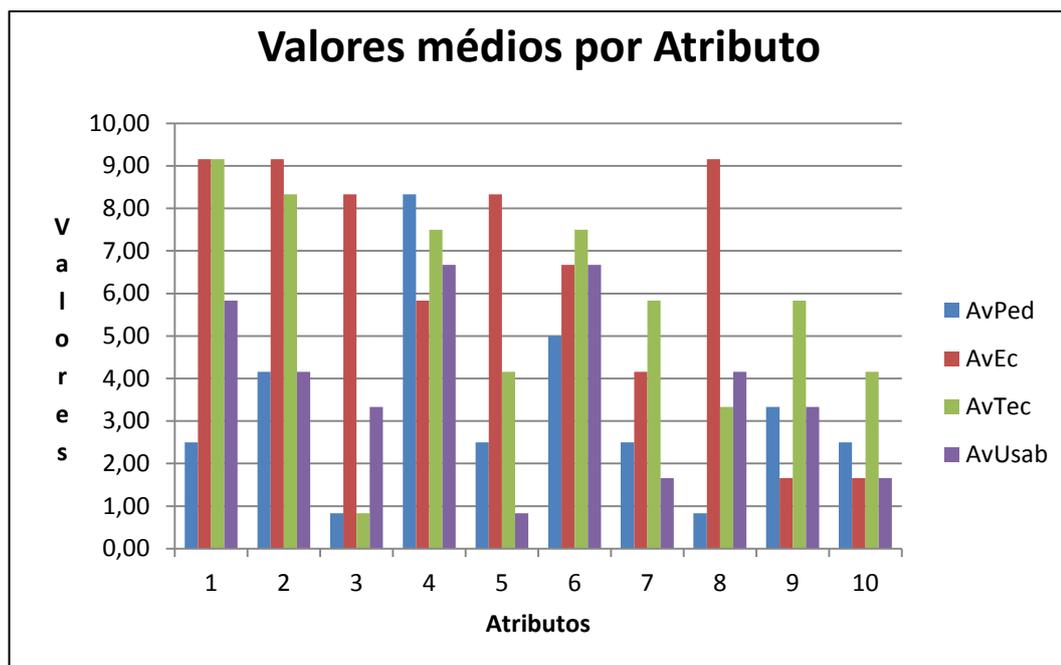


Figura 4.13. Gráfico de médias das notas dos atributos do software Geneious

Neste sentido, podem ser destacados os seguintes resultados, referentes ao software Geneious:

- Quanto aos “Aspectos de Pedagogia”, observa-se que tal requisito obteve a nota mais baixa, o que sugere que o software apresenta deficiências relacionadas à sua utilização como recurso educacional, mesmo que tenha uma confiabilidade conceitual e objetividade aceitável.
- Quanto aos “Aspectos de Ensino de Ciências”, a avaliação obteve a maior nota dos requisitos avaliados e categoriza o software como oferecendo conceitos e teorias científicas com certo grau de confiança.
- Quanto aos “Aspectos de Tecnologia”, o software Geneious oferece características positivas, porém, existem limitações quanto ao modelo adotado no projeto de desenvolvimento da ferramenta.
- Quanto aos “Aspectos de Usabilidade”, também apresentaram resultados baixos, o que permite concluir que a ferramenta não apresenta recursos necessários que facilitam a interação.

A avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” e dos “Aspectos de Tecnologia” apresentaram os melhores resultados sobre as características técnicas e conceitos científicos com os quais o software foi desenvolvido.

O requisito de Usabilidade apresenta deficiências, já que sete de dez atributos estão com valores bem baixos, oferecendo poucas características que permitem o usuário interagir com a ferramenta.

O quadro 4.12 apresenta o resultado com as notas para cada requisito, a média geral das notas obtidas nas avaliações individuais e as médias para cada requisito.

Quadro 4.12 - Resultado das avaliações do software Geneious

Requisitos	Notas por Avaliador			Resultado da Avaliação por Atributo	Resultado Geral da Avaliação dos Requisitos por Avaliador
	AV1	AV2	AV3		
Pedagogia	4,50	1,75	3,50	$\bar{X}_{PED} = 3,25$	Av1 = 5,68
Ensino Ciências	7,75	4,75	6,75	$\bar{X}_{EC} = 6,41$	Av2 = 3,62
Tecnologia	5,75	6,50	4,75	$\bar{X}_{TEC} = 5,66$	Av3 = 5,06
Usabilidade	4,75	1,50	5,25	$\bar{X}_{USAB} = 3,83$	RESULTADO: 4,78
				$\bar{X}_{ATRIB/4} = 4,78$	

A avaliação do software Geneious, realizada pelos professores participantes da pesquisa, permitiu definir o *perfil dos aspectos de qualidade percebida*, para cada atributo constante dos quatro requisitos definidos. O valor final obtido é de 4,78. Este valor indica que o software pode ser considerado como oferecendo *baixa qualidade*, de acordo com a categorização adotada neste modelo.

### 4.2.3. AVALIAÇÃO DO SOFTWARE CHEMSKETCH 12.0

O software ChemSketch 12.0 foi avaliado por três professores da área de química. O quadro 4.13 contém as informações sobre o cadastro do software, que o identifica e fornece uma característica geral.

Quadro 4.13 - Ficha de cadastro de avaliação do software ChemSketch 12.0

<b>Nome do Software</b>	ChemSketch 12.0
<b>Área</b>	Ciências / Química
<b>Descrição</b>	Software de Apoio ao Estudo de ligações e reações em 2D e 3D e de propriedades físicas e químicas.
<b>Nível de Ensino</b>	Médio
<b>Pesos Atribuídos aos Requisitos</b>	Peso igual para todos os módulos referentes aos requisitos considerados (AP, AEC, AT, AU).

As figuras 4.14, 4.15, 4.16 e 4.17 ilustram os resultados obtidos pelas avaliações dos requisitos referentes aos aspectos de “Pedagogia” (P), “Ensino de Ciências” (EC), “Tecnologia” (T) e de “Usabilidade” (US), respectivamente.

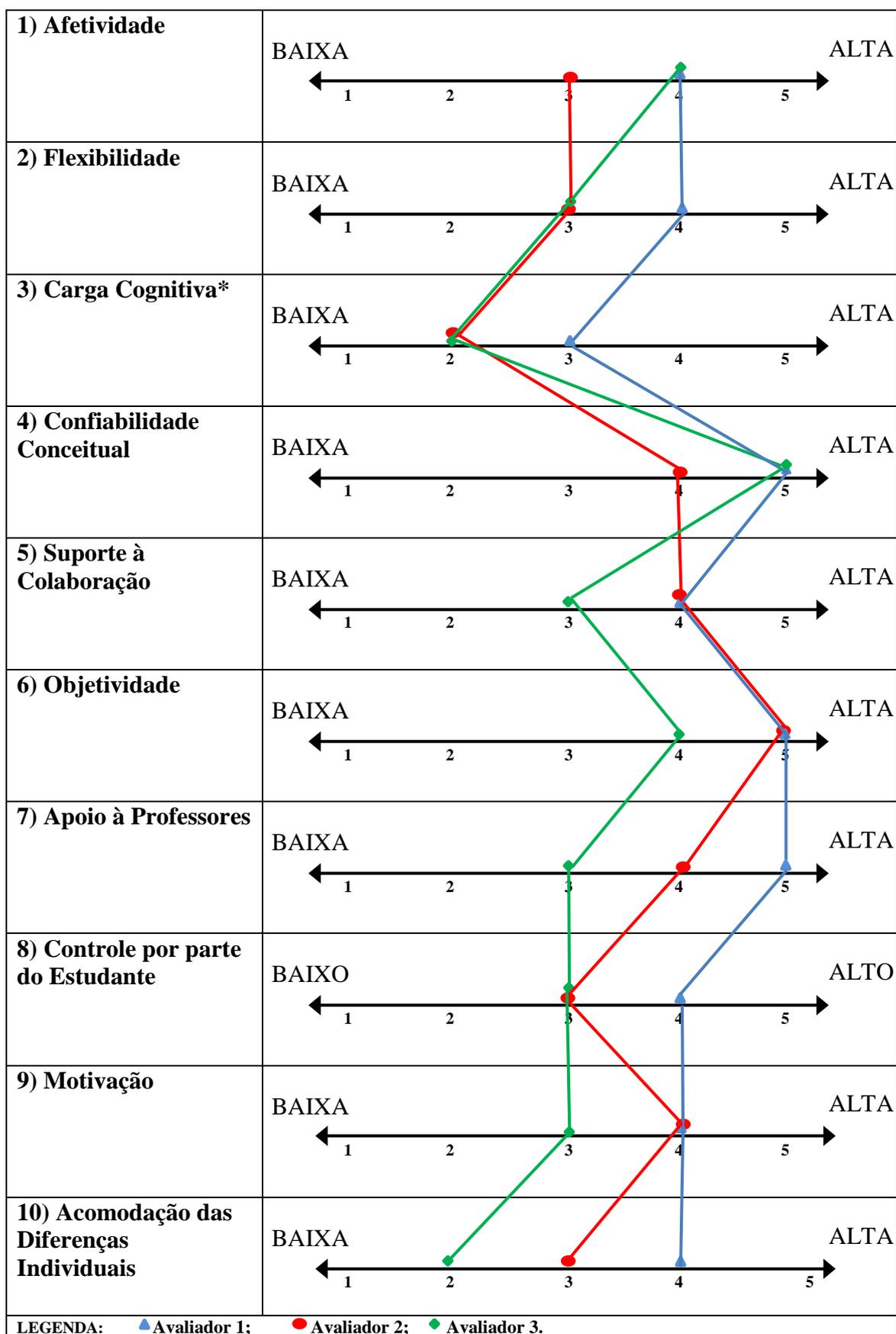


Figura 4.14 - Avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software ChemSketch

A avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software Ckemskech, obteve uma nota de 6,91. Os avaliadores respondentes caracterizam o software apresentando alta afetividade, relativamente flexível e de baixa carga cognitiva. Existe, na ferramenta, alta confiabilidade conceitual, bem como suporte à colaboração e objetividade.

O software tem potencial como ferramenta de apoio aos professores em suas atividades e apresenta também controle por parte dos estudantes. Os avaliadores caracterizam positivamente a presença de motivação e relativa acomodação das diferenças individuais dos usuários.

A visualização do gráfico formado pelas respostas dos avaliadores indica que o software possui oito dos dez atributos presentes no lado direito. Lembrando que, quanto menor o valor para o atributo carga cognitiva revela que é um bom indicador.

O quadro 4.14 sumariza alguns dados obtidos pela avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” do software Chemskech.

Quadro 4.14 - Valores obtidos para os “Aspectos da Pedagogia” do software ChemSketch

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	8,00	<b>6,91</b>	7,50	0,50	0,25	1,58	0,60
Avaliador 2	6,75		7,50	- 0,75	0,5625	1,69	
Avaliador 3	6,00		5,00	- 1,00	1,00	2,11	
			$\mu = 6,67$		$\Sigma SQ \approx 1,81$	$\mu = 1,79$	

A relação dos valores obtidos através da avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” permite dizer que existe um intervalo de confiança de 95%, entre os valores de 6,19 e 7,63 ( $\pm 0,72$ ). Estes valores sugerem que os respondentes, através do instrumento de avaliação, estão em concordância e reconhecem a presença da maioria dos atributos de pedagogia e assim categorizar esse instrumento como muito bom para este aspecto.

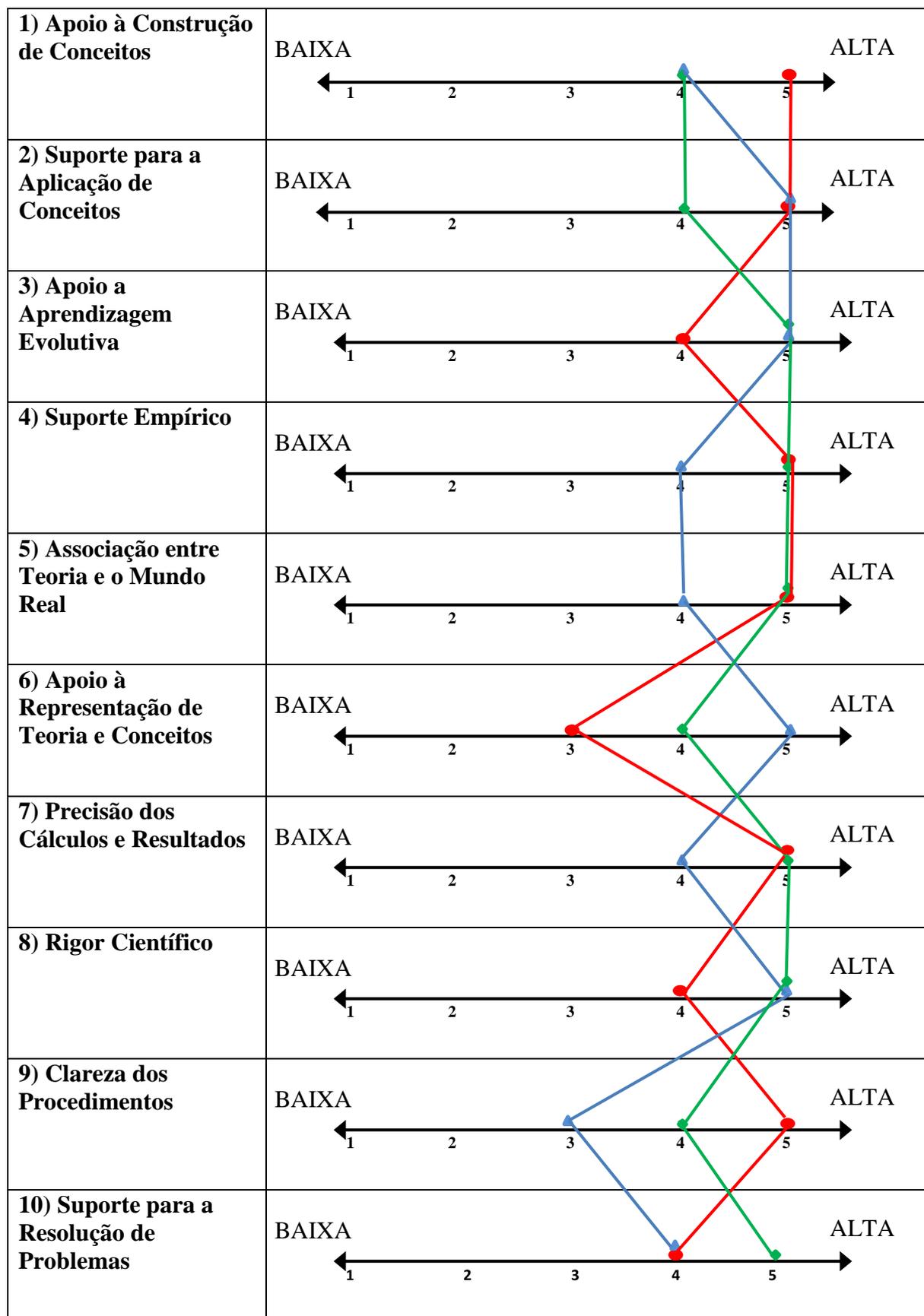


Figura 4.15 - Avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do software ChemSketch

A avaliação dos “Aspectos de Ensino de Ciências” resultou em uma pontuação de 8,66. Os professores avaliadores caracterizaram o software como uma ferramenta que apoia a construção, aplicação e aprendizagem de conceitos científicos.

O software possui suporte empírico, associa e representa teorias e conceitos com precisão de cálculos e resultados, obedecendo a um rigor científico. Outras características são apontadas como positivas pelos avaliadores, são a clareza nos procedimentos e o suporte para a resolução de problemas.

Ao se observar o gráfico formado pela ligação das respostas, verifica-se que as questões estão localizadas todas à direita, caracterizando positivamente os atributos deste aspecto. Estas informações permitem interpretar que os respondentes reconhecem que o software “atende a maior parte” ou “atende plenamente” as questões dos “Aspectos de Ensino de Ciências”.

O quadro 4.15 mostra os valores de alguns dados obtidos através da pesquisa.

Quadro 4.15 - Valores obtidos para os “Aspectos do Ensino de Ciências” do software ChemSketch

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	8,25	<b>8,66</b>	7,50	0,75	0,5625	1,69	1,04
Avaliador 2	8,75		10,00	- 1,25	1,5625	1,77	
Avaliador 3	9,00		10,00	- 1,00	1,00	1,29	
			<b><math>\mu = 9,16</math></b>		<b><math>\Sigma SQ \approx 3,125</math></b>	<b><math>\mu = 1,58</math></b>	

Os dados coletados através dos instrumentos de avaliação permitem concluir que existe um intervalo de confiança de 95% entre os valores de 8,07 a 9,25 ( $\pm 0,59$ ). Estes índices sugerem concluir que os avaliadores, em sua totalidade, concordam com a presença destes atributos para o software e classificam-no como sendo de *alta qualidade*.

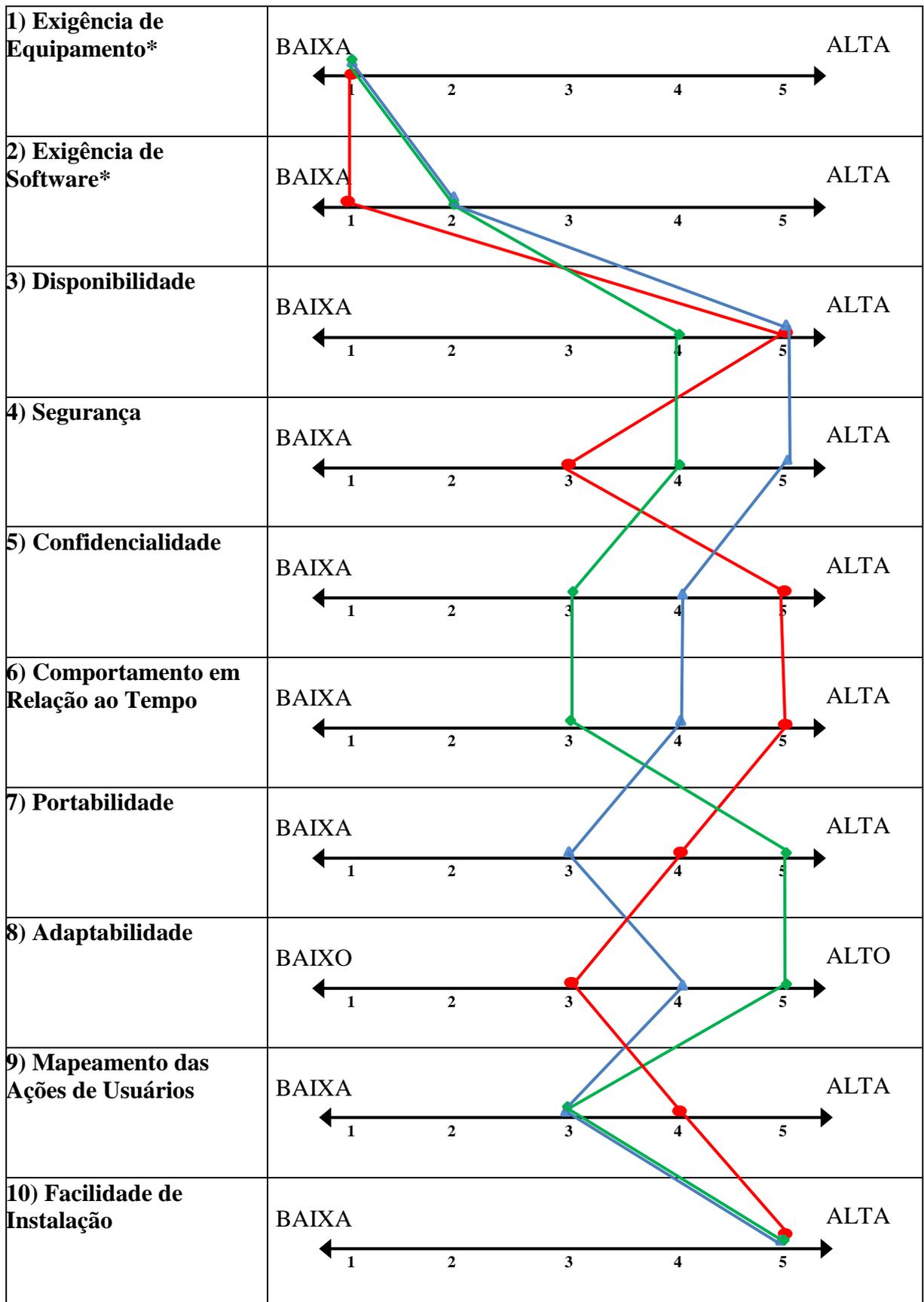


Figura 4.16 - Avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” do software ChemSketch

A avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” obteve uma nota de 8,08 pontos. Os respondentes qualificaram o software como tendo baixa exigência de equipamentos e softwares adicionais, com alta disponibilidade e que promove segurança ao usuário e confidencialidade, respondendo às funções em tempo hábil.

É um software que possui portabilidade e adaptabilidade, porém, o mapeamento das ações do usuário é relativo, porém apresenta facilidade de instalação.

O gráfico formado indica que a resposta dos avaliadores para os atributos em questão está situada à direita, ou seja, do lado positivo. As questões de exigência de software e exigência de equipamento estão situadas à esquerda, porém, quanto menor os valores atribuídos a estes, melhor é sua qualidade.

O quadro 4.16 apresenta os dados da avaliação.

Quadro 4.16 - Valores obtidos para os “Aspectos de Tecnologia” do software ChemSketch

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	8,00	<b>8,08</b>	7,50	0,50	0,25	1,97	1,10
Avaliador 2	8,50		10,00	- 1,50	3,00	2,11	
Avaliador 3	7,75		7,50	0,25	0,0625	2,19	
		<b><math>\mu = 8,33</math></b>			<b><math>\Sigma SQ \approx 3,31</math></b>	<b><math>\mu = 2,09</math></b>	

Os resultados obtidos pela avaliação dos “Aspectos de Tecnologia” indica que o software recebeu uma pontuação alta. Estes valores permitem dizer que existe um intervalo de confiança de 95% entre 7,32 a 8,84 ( $\pm 0,76$ ), permitindo concluir que há um nível alto de concordância dos avaliadores quanto aos atributos reconhecidos deste software.

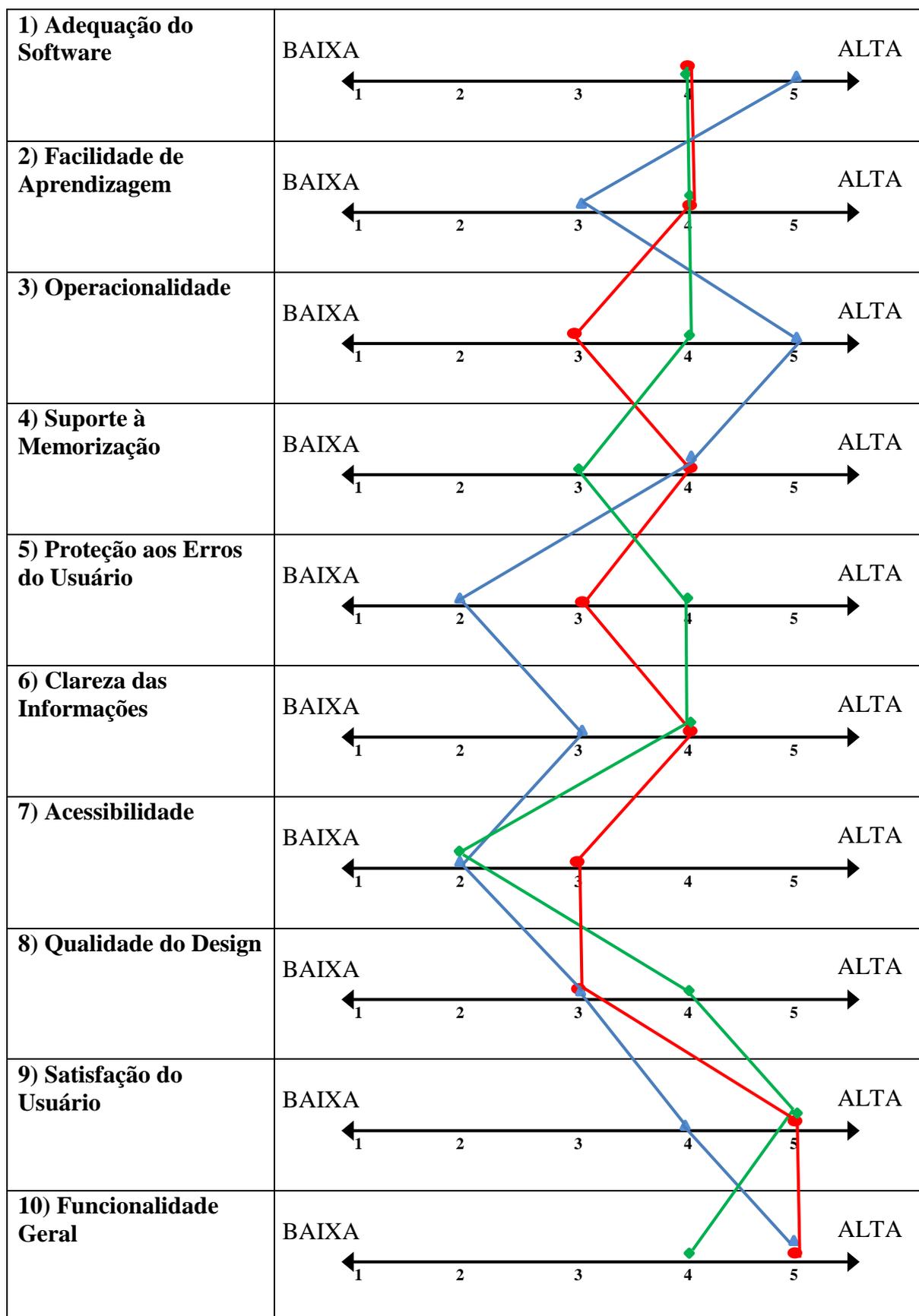


Figura 4.17 - Avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” do software ChemSketch

A avaliação dos “Aspectos de Usabilidade” do software resultou em uma nota de média de 6,83. Os avaliadores caracterizam o software como adequado, fácil de aprender e de operar, além de oferecer suporte à memorização e relativa proteção a erros do usuário.

As informações oferecidas pelo software são claras, mas o atributo acessibilidade se apresentou baixo. O design do software possui boa qualidade e os usuários relatam alta satisfação e funcionalidade ao usá-lo.

As linhas apresentadas pela ligação dos índices da avaliação permitem visualizar que oito dos dez atributos estão localizados mais à direita, ou seja, situado no lado positivo do gráfico.

O quadro 4.17 apresenta os valores obtidos pela avaliação do software.

Quadro 4.17 - Valores obtidos para os “Aspectos da Usabilidade” do software ChemsSketch

Respondente	Notas	Média Geral	Mediana	Desvio	Quadrado dos Desvios	Desvio padrão	Variância total
Avaliador 1	6,50	<b>6,83</b>	6,25	0,25	0,0625	2,93	0,19
Avaliador 2	7,00		7,50	- 0,50	0,25	1,97	
Avaliador 3	7,00		7,50	- 0,50	0,25	1,97	
			$\mu = 7,08$		$\Sigma SQ \approx 0,5625$	$\mu = 2,29$	

Os resultados obtidos oferecem uma visão dos aspectos de usabilidade e permitem identificar um intervalo de confiança de 95% entre os valores de 5,98 a 7,68 ( $\pm 0,85$ ). Estes resultados indicam um alto grau de concordância dos avaliadores quanto a alguns dos aspectos analisados para este requisito.

O gráfico mostrado na figura 4.18 sumariza a avaliação dos quatro requisitos de qualidade e respectivos atributos, propostos no Modelo PECTUS, para avaliação de software educacional para o ensino de ciências. Neste sentido, podem ser destacados os seguintes resultados:

- Quanto aos “Aspectos de Pedagogia”, o software ChemSketch apresenta boas condições de ser uma ferramenta que auxilie no ensino e aprendizagem de química. A avaliação deste software apresentou resultados bastante satisfatórios neste requisito, o que permite dizer que o mesmo contribui para a construção de conhecimentos.

- Quanto aos “Aspectos de Ensino de Ciências”, o software também apresentou resultados bem otimistas, pois além de fornecer características teóricas imprescindíveis oferece condições de o usuário interpretar os conceitos e conteúdos científicos com precisão e acurácia.
- Quanto aos “Aspectos de Tecnologia”, a ferramenta proporciona um conjunto integrado de conhecimentos e técnicas que auxilia na prática com uma análise bastante positiva quanto sua utilização.
- Quanto aos “Aspectos de Usabilidade”, o software, neste requisito, obteve resultados positivos indicando que o mesmo oferece satisfação aos usuários pelas condições de uso que dispõe a ferramenta. As mensagens são claras e precisas e informam o usuário como a ferramenta está se comportando mediante a sua exploração.

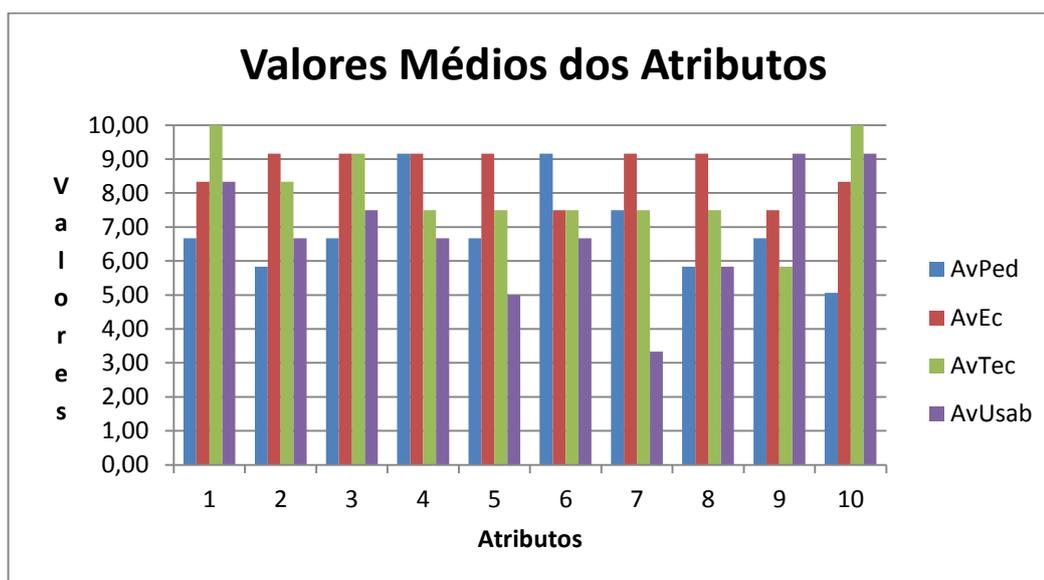


Figura 4.18. Gráfico com as médias das notas dos atributos do software ChemSketch 12.0

O gráfico mostrado na figura 4.18 apresenta os resultados das avaliações para o software ChemSketch 12.0. Observa-se que todos os requisitos obtiveram notas bem elevadas, e sugere que o software apresenta condição satisfatória como recurso para o ensino e aprendizagem de química. O único atributo que tem pontuação negativa é a condição de acessibilidade no requisito da usabilidade, já que a ferramenta só possui a opção de zoom.

O quadro 4.18 apresenta o resultado das avaliações para o software apresentando as notas e a média geral obtidas nas avaliações individuais e as médias para cada requisito.

Quadro 4.18 - Resultado das avaliações do software ChemSketch 12.0

Avaliação dos Requisitos	Notas por Avaliador			Resultado da Avaliação por Atributo	Resultado Geral da Avaliação dos Requisitos por Avaliador
	AV 1	AV2	AV3		
Pedagogia	8,00	6,75	6,00	$\bar{X}_{PED} = 6,91$	Av1 = 7,68
Ensino Ciências	8,25	8,75	9,00	$\bar{X}_{EC} = 8,66$	Av2 = 7,75
Tecnologia	8,00	8,50	7,75	$\bar{X}_{TEC} = 8,08$	Av3 = 7,43
Usabilidade	6,50	7,00	7,00	$\bar{X}_{USAB} = 6,83$	<b>RESULTADO: 7,62</b>
				$\bar{X}_{ATRIB/4} = 7,62$	

A avaliação do software ACD/ChemSketch, permitiu definir o *perfil dos aspectos de qualidade percebida*, para cada atributo constante dos quatro requisitos definidos. O valor final obtido pela avaliação é de 7,62 e sugere que o software, dentro das definições do modelo, é considerado como tendo *alta qualidade*, de acordo com a tabela (3.3.2) adotada.

### 4.3. ANÁLISE DO MODELO PECTUS

O teste com o Modelo de Avaliação de Qualidade de Software para o Ensino de Ciências (PECTUS) forneceu dados relevantes para categorizar atributos para a qualidade de um software educacional para o ensino de ciências.

As respostas fornecidas pelo grupo de participantes permitiu classificar características internas e externas, que um software deve oferecer aos seus usuários, e que podem ser medidas.

Os participantes, ao descreverem suas experiências sobre o uso do modelo, permitiram fazer algumas análises sobre a validação do modelo.

O modelo avalia 40 atributos agrupados em quatro domínios específicos, selecionando pontos positivos ou negativos, que permitem uma visão da informação em softwares para a área de ensino de ciências com potencial educacional.

Essa característica do modelo permite programar um método capaz de estabelecer níveis evolutivos de seleção de características, organizar o processo de escolha de um software educacional e fazer um controle adequado de ambientes de TIC para o ensino e aprendizagem, através de uma revisão e análise de informações e recursos, com a utilização de uma avaliação padronizada.

#### **4.3.1. ASPECTOS POSITIVOS APRESENTADOS PELO MODELO**

Os avaliadores ao transcreverem seus comentários e observações do modelo, explicitam algumas características reconhecidas quanto ao uso do Modelo PECTUS.

O modelo permite:

- Reconhecer, investigar e diagnosticar informações relevantes e pertinentes aos professores da área de ensino de ciências, em relação à classificação de produtos de software, que melhor se adequam à proposta de sala de aula.
- É uma forma mais produtiva de recolher informações de produtos de software.
- Apresenta completude e está em concordância com um conjunto de valores, requeridos no processo educacional.
- É apropriada para a organização da informação para o usuário, de forma clara e concisa.
- Satisfaz os requisitos adotados e auxilia profissionais educacionais em situações que a escolha por um produto de software e que não devem ser aleatórias.
- Permite que professores façam um planejamento prévio de recursos de TIC, necessários em uma determinada atividade em sala de aula.
- É uma “ferramenta” de apoio para decisões.

#### **4.3.2. ASPECTOS NEGATIVOS APRESENTADOS PELO MODELO**

Ao analisar este aspecto, os respondentes da pesquisa referem-se ao modelo como:

- Apresentando restrições quanto à apresentação das explicações dos atributos, necessitando de explicações mais acessíveis para analisar as questões do que por meio de uma tabela.
- O modelo é complexo e não é trivial sua análise, por abranger questões que tratam de diferentes características e domínios, com definições próprias de cada área, o que exige uma análise minuciosa para cada definição oferecida ao se realizar a avaliação e, conseqüentemente, um gasto maior de tempo para realizá-la.
- Os avaliadores respondentes encontraram dificuldades em entender os atributos de ensino de ciências. Alguns avaliadores não conheceram muitos dos termos adotados como atributos.

### **4.3.3. SUGESTÕES DOS PARTICIPANTES**

Os participantes da pesquisa em seus comentários adicionais sugeriram o desenvolvimento de uma ferramenta via web que realize os cálculos como uma maneira de dinamizar o processo e que esteja acessível a outros professores que se interessarem nas avaliações já realizadas.

## **4.4. SÍNTESE DOS RESULTADOS**

O desdobramento de características de qualidade a serem reconhecidas em um software educacional para o ensino de ciências permite que o avaliador possa conferir as proposições consideradas quanto ao conteúdo de um software e se este tem o perfil que o professor procura para elaborar suas atividades utilizando recursos de TIC.

Nota-se que, para os resultados das avaliações dos “Aspectos de Pedagogia” e dos “Aspectos de Usabilidade” do software Cartes Du Ciel e para as avaliações dos “Aspectos de Ensino de Ciências”, “Tecnologia” e “Usabilidade” do software ChemSketch, que os valores calculados para a média de cada amostra se aproxima dos valores das notas das avaliações individuais, uma vez que estes valores se direcionam para a extremidade mais positiva adotada na escala dos instrumentos de avaliação.

Se um intervalo de confiança apresenta 95% de resultado, no final, somente 5% dos intervalos não contém um valor verdadeiro. Para as interpretações dos resultados das avaliações aplicou-se o estudo de intervalo de confiança construído a partir da resposta média, frequentemente, chamado de intervalo de confiança em torno da linha de regressão e utilizou a distribuição normal destas médias para encontrar o teorema central do limite.

O comprimento do intervalo de confiança é uma importante medida da qualidade da informação obtida a partir da amostra.

Situações ideais quando se tem um intervalo relativamente pequeno, caracterizando como sendo de alta confiança. Sustentado por essa hipótese, foi possível encontrar a probabilidade dos parâmetros da distribuição das respostas, objetivando tomar decisões a respeito dessas informações. Decisões que podem ser tomadas examinando a faixa de valores de um intervalo como parâmetro.

Ao observar os valores assumidos pelas médias nas avaliações pode-se interpretar a tendência central das respostas para o conjunto de atributos para cada avaliador, concluindo que:

- Quanto à avaliação do software Cartes Du Ciel, os valores atribuídos na escala possuem pontos médios que apresentam pouca variação, indicando que os três avaliadores concordam que o software “atende a maior parte” das características próprias para ser um recurso para o ensino de ciências e assim, tendo “boa qualidade”.
- Quanto à avaliação do software Geneious, os valores assumidos na escala oferecem pontos médios que apresentam uma variação mais significativa. Estes valores mostram a variação da posição das respostas dos avaliadores e indicam que existe uma oscilação significativa quanto à concordância de classificação para a qualificação deste software. Estes dados permitem concluir que o software “não atende” ou “atende pequena parte” das características adotadas e, portanto, possuindo “baixa qualidade” como recurso para o ensino de ciências.
- Quanto à avaliação do software ChemSketch, os valores que foram atribuídos indicando através dos pontos médios que há uma pouca variação das posições das

respostas e atesta a concordância dos avaliadores quanto ao software em “atender a maior parte” das características de qualidade de software educacional ao ensino de ciências, obtendo uma “alta qualidade”.

O tratamento dos resultados para os desvios padrão permite afirmar que o grupo dos avaliadores, identificam as características adotadas como parâmetros de qualificação de software educacional para o ensino de ciências.

Portanto, para este conjunto de medidas, quanto menor a variação dos valores mais precisos são os dados obtidos. Esta característica pode ser observada nas avaliações dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do software Cartes Du Ciel, as avaliações dos “Aspectos de Pedagogia”, “Tecnologia” e “Usabilidade” do software Geneious e para todas as avaliações do software ChemSketch, concluindo, que 66% dos resultados assumidos destas avaliações estão bem próximos da média, um indicativo de que as respostas oferecidas são precisas.

As avaliações que obtiveram valores de desvio padrão considerados altos, como se pode observar, para as avaliações dos “Aspectos de Pedagogia”, “Tecnologia” e “Usabilidade” do software Cartes Du Ciel e das avaliações dos “Aspectos de Ensino de Ciências” do software Geneious, através das respostas dadas pelos avaliadores, indicam que existem valores extremos.

Ao analisar as médias, variâncias, medianas e desvios padrão obtidos das avaliações realizadas, pode-se dizer que, quanto menor a variação dos valores mais estáveis são os resultados das avaliações e que quanto maior a variação dos valores mais instáveis. Através dos dados é possível reconhecer que, na maioria das avaliações realizadas, estes valores quando estão próximos ou muito próximos, apresentam uma maior regularidade para as notas obtidas e, conseqüentemente, um nível significativo de concordância dos participantes em relação às questões.

Os resultados apresentados pelas avaliações permitiram encontrar um valor de 52,50% para as respostas atribuídas pelos avaliadores as alternativas que mostram concordância das questões com a característica do software em “atender a maior parte” e “atender plenamente” ao reconhecimento dos atributos adotados pelo modelo.

Por outro lado 40% das respostas foram atribuídas a neutralidade dos avaliadores e interpretados como “atendem a metade” e em 7,5% das respostas foram atribuídas à discordância dos avaliadores ao reconhecimento de alguns atributos e interpretadas como “atendem muito pouco” ou “atendem nada”.

Portanto, os resultados das avaliações para os de três softwares testados, permitiu observar que o percentual das respostas para a concordância do avaliador foi maior do que para as respostas discordantes ou neutras. Logo, os softwares avaliados, estão apresentando atributos de ordem positiva ao reconhecimento da qualidade.

Um aspecto não comentado pelos avaliadores, porém considerado importante, refere-se às questões de “carga cognitiva” do questionário sobre a avaliação dos “Aspectos de Pedagogia” e às questões de “exigência de equipamento” e “exigência de software” do questionário da avaliação dos “Aspectos de Tecnologia”. Estas questões deveriam ter sido destacadas, no questionário, de forma a indicar que os valores baixos representam às condições positivas e os valores altos as condições negativas, ao contrário do que ocorre com as demais questões.

Na pesquisa realizada estes destaques não foram feitos, mas os dados coletados foram ajustados.

Este capítulo discutiu os resultados obtidos na avaliação do modelo PECTUS. O capítulo seguinte apresenta as conclusões desta pesquisa.

## 5. CONCLUSÕES

Esta dissertação de mestrado teve como principal objetivo a definição do modelo PECTUS, desenvolvido para apoiar avaliações de softwares educacionais aplicados ao ensino de ciências.

O modelo PECTUS foi construído evolutivamente, a partir de fundamentos e trabalhos correlatos, obtidos na literatura da área. Sua sistematização pautou-se, principalmente, em dois conjuntos de conceitos e componentes:

- Abordagem GQM - Goal, Question, Metrics (BASILI, 1994), que representa um processo para a geração de planos de qualidade de software, levando em conta os Objetivos da avaliação (Goal), as Questões (Question) associadas a cada objetivo e as Métricas (Metrics) que avaliarão cada questão.
- Requisitos de qualidade relacionados aos Aspectos Pedagógicos (P), aos Aspectos de Ensino de Ciências (EC), aos Aspectos de Usabilidade (US) e aos Aspectos Tecnológicos (T). Cada um desses requisitos foi caracterizado por meio de um conjunto de atributos, devidamente definidos.

A implementação do modelo PECTUS compreendeu a definição de quatro instrumentos de avaliação, que são questionários para levantamento das avaliações dos requisitos referentes aos “Aspectos de Pedagogia”, “Ensino de Ciências”, “Usabilidade” e “Tecnologia”.

A versão inicial do modelo foi avaliada por nove professores que ministram conteúdos de química, física e biologia, em escolas do ensino fundamental e médio de Minas Gerais e São Paulo, sendo três professores de cada área considerada. Cada grupo de três professores atuou na avaliação de um software educacional de sua área docente, tendo sido indicados os seguintes softwares: Cartes Du Ciel, representando a área de física; Geneious, representando a área de biologia; e ACD/Chemsketch, representando a área de química. Os três softwares são disponibilizados na internet, sem custo.

A avaliação conduzida permitiu a sistematização de dois conjuntos de resultados: (1) avaliação dos softwares, analisados com base no Modelo PECTUS; e (2) avaliação do

modelo PECTUS, como recurso para apoiar a seleção de softwares educacionais voltados para o ensino de ciências.

Quanto à avaliação dos softwares, o modelo permitiu pontuar cada um deles, com base nos requisitos e atributos incorporados. Sendo assim, os conceitos finais atribuídos aos softwares foram: Cartes Du Ciel – (LAZARUS/FREEPASCAL, 2009); Geneious – (BIOMATTERS, 2012); ACD/ChemSketch – (ACD/LABS, 2010). Complementarmente, foi possível identificar pontos positivos e deficiências de cada software, a partir dos conceitos atribuídos pelos avaliadores a cada um dos quatro requisitos considerados e seus respectivos atributos.

A avaliação do modelo PECTUS pelos participantes possibilitou constatar a utilidade e adequação do modelo aos objetivos propostos, além de identificar pontos positivos e dificuldades. Como sugestão, os avaliadores destacaram a importância de se desenvolver uma ferramenta de software, a ser disponibilizada via web, que realize os cálculos necessários para pontuação dos softwares, como uma maneira de dinamizar o processo, e que seja acessível a outros professores interessados nas avaliações já realizadas.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se um refinamento do modelo proposto nesta dissertação de mestrado e a análise das questões com um grupo amostral maior, que permita testar a confiabilidade dos instrumentos de avaliação por meio de técnicas mais consistentes.

Uma sugestão adicional é a replicação deste modelo com testes do uso dos softwares anteriormente citados, por professores, no ambiente da sala de aula. Desta forma, poderia ser realizada uma análise com experiências reais de uso e, assim, detectar características específicas da aprendizagem dos alunos, correlacionando-as com aspectos pedagógicos e do ensino de ciências.

Além disso, o desenvolvimento de uma ferramenta para apoiar o uso do modelo PECTUS, conforme foi sugerido pelos avaliadores, seria de grande importância para viabilizar a prática da avaliação para seleção dos softwares aqui enfocados.

Espera-se que este trabalho contribua com futuros estudos sobre a criação e avaliação de novos modelos de avaliação de softwares educacionais, para o ensino e aprendizagem de diferentes conteúdos.

Por fim, espera-se que o estudo apresentado contribua para melhorar o processo de seleção de softwares educacionais para o ensino de ciências, principalmente nos níveis fundamental e médio. Desta forma, será enfatizado o uso de softwares de boa qualidade e compatíveis com o ambiente real das escolas, o que resultará na melhoria do ensino e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR ISO/IEC 9126-1 - Engenharia de Software – Qualidade de Produto Parte 1: Modelo de Qualidade, Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

ABNT. NBR ISO/IEC 25010 - Engenharia de Software – Qualidade de Produto Parte 1: Modelo de Qualidade, Rio de Janeiro, ABNT, 2011.

ACD/Labs – Advanced Chemistry Development Inc. Software ChemSketch 12.0 (Freeware), 2010. Disponível em: <http://www.acdlabs.com/home/>. Acesso em 19/02/2013.

AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

BANDURA, A. Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavior Change. *Psychological Review*, 84(2), p.22, 1977.

BARROS, M. A. M. . As tecnologias da informação e comunicação e o ensino de ciências. In: Marsílvio Gonçalves de Amorim; Antonio Carlos Rodrigues de Amorim. (Org.). Ensino de Biologia: fios e desafios na construção de saberes. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2008, v. , p. 103-121.

BASILI, V. R; ROMBACH, H. D. The TAME Project: Towards Improvement-Oriented Software Environments. *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE-14(6), 1988.

BASILI, V. R. Software Modeling and Measurement: The Goal/Question/Metrics Paradigm. Technical Report CS-TR-2956, Department of Computer Science, University of Maryland, MD 20742, September, 1992.

BASILI, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. Goal Question Metric Paradigm. IN: Marciniak, John J. Encyclopedia of Software Engineering. John Wiley & Sons: 1994. V.1, p. 528-532.

BEDNARIK, R. Evaluation of Education Environments: The TUP Model. MSc. Thesis, Department of Computer Science, University of Joensuu, Finland, 2002.

BEDNARIK, R. Development of the TUP Model – Evaluating Educational Software. Department of Computer Science, University of Joensuu, Finland, 2004.

BIOMATTERS Ltd – Software Geneious 6.0.5, 2012. Disponível em: <http://www.baixaki.com.br/download/geneious.htm>. Acesso em 19/02/2013.

BRANDALISE, L. T. Modelos de Medições de percepção e comportamento- uma revisão. [S.I: s.n.] 2005.

CASTELI, A. P. CBC – Currículo Básico Comum de Ciências, 2007.

CHANDLER, P; SWELLER, J. Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition & Instruction*, vol.8. Lawrence Erlbaum Associates, 1991.

CUSTÓDIO, C. A. Avaliação da Usabilidade do Ambiente de Ensino à Distância Moodle sob a perspectiva de Professores. Dissertação (Mestrado de Ciências da Computação) Faculdade de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo. 2008.

CUSTÓDIO FILHO, J. F. Explicando Explicações na Educação Científica: Domínio Cognitivo, Status Afetivo e Sentimento de Entendimento. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis – SC, 2001

ESCUDEIRO, P.; BIDARRA, J.; ESCUDEIRO, N. *Evaluating Educational Software*. Departamento de Engenharia e Informática do Instituto Superior de Engenharia do Porto e Departamento de Ciências Exatas e tecnológicas, Universidade Aberta. Porto, Portugal. 2006.

FERREIRA, A. B. H. Aurélio século XXI: o dicionário da Língua Portuguesa. 3. Ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

FRANCO, J. F.; Franco, N. F.; Cruz, S. R. e Lopes, R. D. Experiência do uso de Multimídias como suporte para a autoria e construção colaborativa do conhecimento. Cinted - UFRGS. Novas Tecnologias na Educação, v. 5 n. 1, julho, 2007.

FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. São Paulo: Paz e Terra. 16ª edição, 1986.

FRESCKI, F. B. Avaliação da Qualidade de Softwares Educacionais para o Ensino de Álgebra. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, 2008.

KINNEAR, T. C.; TAYLOR, J. R. Marketing research: an applied approach. New York: McGraw Hill, 1991.

KOSIANSKI, A.; SOARES, M. S. Qualidade de Software: aprenda as metodologias e técnicas mais modernas para o desenvolvimento de software. São Paulo: Novatec Editora, 2006. 395p.

GLADCHEFF, A. P.; ZUFFI, E. M. e SILVA, D. M. Um Instrumento para Avaliação da Qualidade de Softwares Educacionais de Matemática para o Ensino Fundamental. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Anais do VII Workshop de Informática na Escola, Fortaleza, CE, Brasil, 2001.

LAZARUS/FREEPASCAL. Software Cartes Du Ciel, version 3, 2009. Disponível em: <http://www.baixaki.com.br/download/cartes-du-ciel.htm>. Acesso em 19/02/2013.

LIKERT, R. "A Technique for the Measurement of Attitudes". Archives of Psychology 140: pp. 1-55, 1932.

MACHADO, C. A. A falência dos modelos normativos de filosofia da ciência – a astrologia com um estudo de caso. PUC, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

MEIRA, L. Making sense of Instructional Devices : The emergence of Transparence in Mathematical Activity, Journal for Research in Mathematics Education, vol. 29, n. 2, pp. 121-142, 1998.

- MILANI, E. A informática e a comunicação matemática. Em K. S.Smole & M. I. Diniz (Orgs); *Ler, escrever e resolver problemas: Habilidades básicas para aprender matemática* (pp. 176-200) Porto Alegre: Artmed, 2001
- MOGEY, N. LTDI - Evaluation Studies Learning Technology Dissemination Initiative. The Learning Technology Dissemination Initiative is funded by The Scottish Higher Education Funding Council, 1998.
- MONTGOMERY, D.C; RUNGER, G.C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. 2ª ed. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2003.
- MORAES, M. C. Educar na Biologia do amor e da solidariedade. Petrópolis, Rj: Vozes, 2003.
- MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T. Epistemologias do Século XX. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2011.
- MORIN, E. Os sete saberes necessários à educação do futuro. 10. Ed. São Paulo: Cortez, 1999.
- MORIN, E. LE MOIGNE, J.L. A inteligência da Complexidade. São Paulo: Editora Peirópolis, 2000.
- MORTIMER, E.F. Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre, v. 1, n.1,1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>>. 2006.
- N.A.S.A - National Aeronautics and Space Administration. Software Measurement Guidebook. Technical Report SEL-84-101, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD 20771, 1994.
- NIELSEN,J. Usability Inspection Methods. Computing Systems Conference, 1994, Boston. In: Proceedings of the ACM CHI'94 Human Factors, Boston, USA, 1994. p. 413-414.
- OSGOOD, C. E. Semantic Differential Technique in the comparative study of cultures. Ed. Amer. EU, 1967.
- PEREIRA, J.C. R. Análise de Dados Qualitativos: Estratégias Metodológicas para as Ciências da Saúde, Humanas e Sociais. 1ª ed. São Paulo : Editora USP, 2004.
- PERRENOUD, Ph. Dez Novas Competências para Ensinar, Porto Alegre, Artmed Editora, 2000.
- PIAGET, J. Epistemologia Genética, Trad. A. Cabral, Martins Fontes: São Paulo, 2002.
- REEVES, T.C.; HARMON, S.W. Systematic Evaluation Procedures for interactive Multimedia for Education and Training, In S. Riesman(Ed), Multimedia Computing: Preparing for the 21 set century, Idea Group: Harrisburg, PA, pp.472-505, 1998.
- REZENDE, C.S.; KIRNER, T.G.; KIRNER, C. Uso de um Recurso Multimídia Interativo (RIMult) para o Ensino e Aprendizagem. 7ª Conferência Ibérica de Tecnologia e Sistemas, vol. 2, p.777-782. Madrid. Espanha, 2012.

ROCHA, A.R; CAMPOS, G.H.B. Avaliação de Qualidade de Software Educacional. Em aberto, Brasília, ano 12, n. 57, jan. /mar, 1993.

ROCHA, A. R; MADONADO, J. C; WEBER, K. C. Qualidade de Software : Teoria e Prática. Ed. Prentice Hall. 1ªed.São Paulo, SP, 2001.

SARAIVA, A. V. Utilização da Abordagem Goal-Question-Metrics (GQM) na elaboração execução de planos de Avaliação de usabilidade de Software: um estudo empírico sobre um software agropecuário. Universidade Metodista de Piracicaba. Piracicaba, SP, 2006.

SAYÃO, L.F. Modelos Teóricos em Sistema de Informação – abstração e método científico. Ci. Inf., Brasília, v. 30, n.1, p 82-91, jan./abr. 2001.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. 9ª Ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

VERGNAUD, G. The Nature Of Mathematical Concepts. In T. Nunes e P. Bryant (Eds.), Learning and teaching mathematics: An international Perspective, Psychology Press, Hove, 1997. pp. 5-28.

VYGOTSKY, S.L. Thought and Language, M.I.T. Press, Cambridge, 1962.

THAGARD, P.R. The best explanation: Criteria for theory choice. Journal of Philosophy,75, p. 76-92, 1978.

THE R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING. Software R version 2.15.2, 2012. Disponível em: <http://www.baixaki.com.br/download/r.htm>. Acesso em 19/02/2013.

WANGENHEIM, C.G. Utilização do GQM no Desenvolvimento de Software. IX Conferência Internacional de Tecnologia de Software, Curitiba, Brasil, 1998.

## Anexo A

### Definições dos Conceitos Contidos na Avaliação dos Aspectos Pedagógicos do Método de Reeves.

Critérios e Características
<p><b>1. Epistemologia.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objetivista:</b> enfoca o conhecimento separado do saber, o conhecimento adquirido de forma objetiva pelos sentidos e o aprendizado medido precisamente por meio de testes.</li> <li>• <b>Construtivista:</b> enfatiza o conhecimento construído subjetivamente, a partir de experiências Anteriores e em processamento meta-cognitivo ou reflexivo; o aprendizado é estimado a partir De observações e diálogos.</li> </ul>
<p><b>2. Filosofia Pedagógica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Instrutivista:</b> enfatiza a importância de metas e objetivos independentes do aluno; baseia-se na teoria comportamentalista; vê o aluno como um agente passivo, um recipiente vazio que será preenchido de conhecimento.</li> <li>• <b>Construtivista:</b> enfatiza a importância da intenção, experiência e estratégias metacognitivas do aluno; considera que o conhecimento é construído individualmente pelo aluno; reforça a necessidade de um ambiente de aprendizado o mais rico possível; o aluno é visto como um indivíduo repleto de conhecimento pré existente, atitudes e motivações.</li> </ul>
<p><b>3. Psicologia Subjacente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Comportamental:</b> os fatores do aprendizado não são estados internos que podem ou não existir, mas comportamentos que podem ser diretamente observados; a instrução consiste na modelagem do comportamento desejável obtido através de estímulo/respostas.</li> <li>• <b>Cognitiva:</b> enfatiza os estados mentais internos, ao invés do comportamento psicológico; reconhece que diferentes estratégias de aprendizagem devem ser empregadas, considerando o tipo de conhecimento a ser construído.</li> </ul>
<p><b>4. Objetividade</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Precisamente Focalizado:</b> o ensino/aprendizagem segue procedimentos bem definidos (por exemplo: um tutorial de um software).</li> <li>• <b>Não Focalizado:</b> o ensino/aprendizagem pode seguir padrões diferenciados, dependendo do sujeito, do ambiente, etc. (por exemplo, aprender a analisar um objeto de arte).</li> </ul>

<p><b>5. Valor da Experiência</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Abstrato:</b> utiliza situações que não pertencem ao mundo real do aluno.</li><li>• <b>Concreto:</b> preocupa-se em sempre contextualizar o conteúdo abordado, apresentando, para isso, situações da realidade.</li></ul>
<p><b>6. Papel do Professor</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Didático:</b> o professor é um provedor de materiais, sendo considerado o “dono do conhecimento”.</li><li>• <b>Facilitador:</b> o professor atua como um agente facilitador da aprendizagem e uma fonte de orientação e consulta.</li></ul>
<p><b>7. Flexibilidade</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Inflexível:</b> o software é "à prova de professor", ou seja, não permite adaptações dos conteúdos ou complementações.</li><li>• <b>Facilmente Modificável:</b> permite modificações por parte do professor, que possam contribuir para um melhor desempenho do ensino/aprendizagem.</li></ul>
<p><b>8. Valorização do Erro</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Aprendizado Livre de Erros.</b> A aprendizagem deve ocorrer a partir de situações ou estratégias de ensino nas quais o erro não ocorre ou não deve ocorrer.</li><li>• <b>Aprendizagem a partir da Experiência.</b> O enfoque de "aprender a partir de erros" é considerado relevante para a construção do conhecimento.</li></ul>
<p><b>9. Motivação</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Extrínseca:</b> a motivação tem origem em situações ou fatores externos, independente do ambiente de software utilizado.</li><li>• <b>Intrínseca:</b> o software provê elementos capazes aumentar a motivação dos usuários/estudantes, como recursos multimídia, interação de boa qualidade, etc.</li></ul>
<p><b>10. Acomodação das Diferenças Individuais</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Não-existentes:</b> Considera os usuários/estudantes como indivíduos iguais, que podem ser tratados de forma homogênea.</li><li>• <b>Multifacetadas:</b> Leva em consideração as diferenças individuais dos estudantes, ou seja, reforça a heterogeneidade em termos de atitudes, conhecimento e experiência anteriores, estilos de aprendizagem, etc.</li></ul>
<p><b>11. Controle por parte do Estudante</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Não Existente:</b> todo o controle sobre o processo seguido para a aprendizagem está embutido no software.</li><li>• <b>Irrestrito:</b> O estudante pode decidir que seções estudar, que caminhos seguir, que material utilizar e a ordem envolvida nessas decisões.</li></ul>

<p><b>12. Atividade do Usuário</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Matemagênico:</b> O ambiente de software capacita os estudantes a acessarem os vários módulos ou representações de conteúdos disponibilizados.</li><li>• <b>Generativo:</b> O software envolve os estudantes em um processo criativo capaz de conduzir à criação, elaboração e representação do conhecimento, a partir da exploração livre dos conteúdos.</li></ul>
<p><b>13. Aprendizagem Cooperativa</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Não suportado:</b> o software não possibilita o trabalho cooperativo entre alunos (em pares ou grupos).</li><li>• <b>Integral:</b> O software viabiliza o trabalho cooperativo, de modo que os objetivos sejam compartilhados, contribuindo tanto para a geração de conhecimento quanto para o desenvolvimento de habilidades sociais.</li></ul>
<p><b>14. Sensibilidade Cultural</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Não Existente:</b> O software não permite adaptações para atender a características culturais.</li><li>• <b>Integral:</b> O software permite a adaptação de (parte de) seus conteúdos, de forma a adequar-se a características culturais dos estudantes.</li></ul>

## Anexo B

### Definições dos Conceitos Contidos na Avaliação dos Aspectos da Interface do Usuário do Método de Reeves.

<b>1. Facilidade de utilização</b>	Refere-se ao grau de facilidade percebido pelo usuário, quando ele interage com a aplicação. ( <i>Variação: de difícil a fácil</i> )
<b>2. Navegação</b>	Refere-se à habilidade de acessar os conteúdos do software, de um tópico a outro. ( <i>Variação: de difícil a fácil</i> )
<b>3. Carga Cognitiva</b>	Refere-se ao esforço mental requerido durante a execução das tarefas no software, como exploração dos conteúdos, uso da estrutura, respostas demandadas, etc. ( <i>Variação: de não gerenciável/ a confusa</i> <i>gerenciável/intuitiva</i> )
<b>4. Mapeamento</b>	Refere-se à habilidade do software em rastrear e representar, de forma clara para o usuário, os caminhos por ele percorridos ao usar o software ( <i>Variação: de nenhum a poderoso</i> ).
<b>5. Design de tela</b>	Compreende aspectos como aparência e disposição dos elementos nas telas do software incluindo texto, ícones, gráficos, cores, etc. ( <i>Variação: de princípios violados a princípios respeitados</i> )
<b>6. Compatibilidade Espacial do conhecimento</b>	Refere-se à rede de conceitos e relacionamentos que compõem o esquema mental que um usuário possui sobre determinado tema ou fenômeno, que deve ser considerada pelo software. ( <i>Variação: de incompatível a compatível</i> )
<b>7. Apresentação da Informação</b>	Está relacionada a se a informação contida no espaço de conhecimento incorporado no software é apresentado de maneira entendível. ( <i>Variação: de confusa a clara</i> )
<b>8. Integração de Mídias</b>	Refere-se à quão bem o software combina diferentes mídias (áudio, texto, imagem, vídeo), para produzir um todo que atenda aos objetivos do software. ( <i>Variação: de não coordenada a coordenada</i> )
<b>9. Estética</b>	Refere-se a aspectos artísticos do software, no sentido destes expressarem beleza, estilo, elegância, etc. ( <i>Variação: de desagradável a agradável</i> )

<b>10. Funcionalidade Geral</b>	Representa uma dimensão mais abrangente, relacionada à utilidade do software e atendimento dos objetivos pretendidos. ( <i>Variação: de não funcional a altamente funcional</i> )
---------------------------------	---

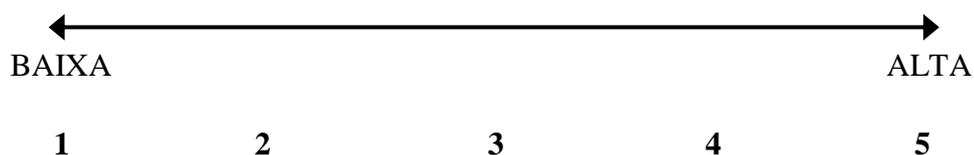
## Anexo C

### Formulários do Instrumento de Avaliação

#### 3.4.1 Formulário para Avaliação dos Aspectos Pedagógicos

##### 1) Afetividade

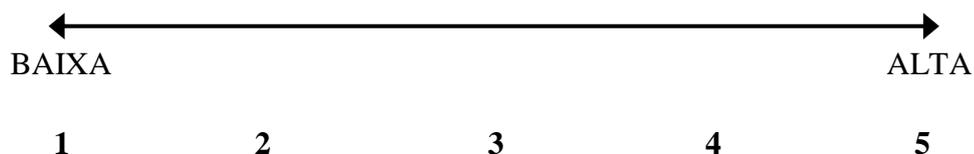
Refere-se à explicitação de aspectos e comportamentos físicos e psicológicos, capazes de indicar o envolvimento do usuário, quando ele utiliza o software, tais como: emoção, estados de humor, motivação, ansiedade, sentimentos de raiva, desinteresse, prazer, alegria, etc.



Comentários:

##### 2) Flexibilidade

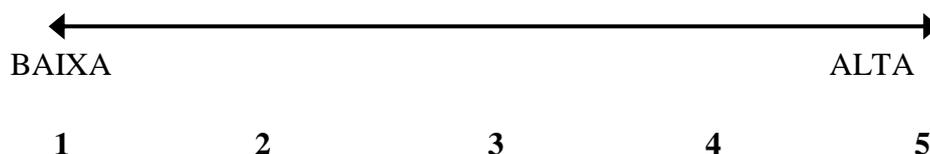
Refere-se à capacidade que o software tem de ser flexível e acomodar diferentes estilos individuais de ensino e aprendizagem, tais como: autoaprendizagem, objetivismo, construtivismo, etc.



Comentários:

##### 3) Carga Cognitiva

Refere-se ao esforço mental requerido durante a execução das tarefas no software, como exploração dos conteúdos, uso da estrutura, respostas demandadas, etc.



Comentários:

#### 4) Confiabilidade Conceitual

Refere-se à capacidade do software em despertar reações e comportamentos que expressam confiança nos seus conteúdos e resultados por ele propiciados.



Comentários:

#### 5) Suporte à Colaboração

Refere-se ao apoio fornecido pelo software à realização de atividades de forma colaborativa, apoiando o compartilhamento de conhecimento e o desenvolvimento de habilidades sociais.



Comentários:

#### 6) Objetividade

Refere-se à forma de funcionamento do software e dos procedimentos nele incorporados, ou seja, os quão bem definidos e padronizados eles são.

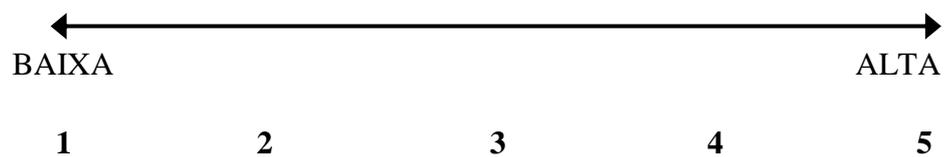


Comentários:



## 10) Acomodação das Diferenças Individuais

Refere-se à capacidade do software em considerar e facilitar a acomodação de diferenças individuais dos estudantes, ou seja, reforça a heterogeneidade em termos de atitudes, conhecimento e experiência anteriores, estilos de aprendizagem, etc.

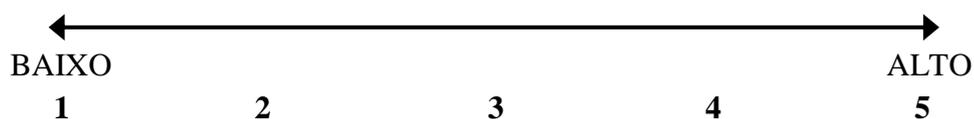


Comentários:

### 3.4.2 Formulário para Avaliação dos Aspectos de Ensino de Ciências

#### 1) Apoio à Construção de Conceitos

Refere-se à construção de conceitos abstratos em conceitos mais concretos. Acentua a formação dos conceitos e promove a mudança conceitual.



Comentários:

#### 2) Suporte para a Aplicação de Conceitos

Refere-se à aplicação simplificada da realidade, tornando os conceitos abstratos em seus elementos mais importantes.



Comentários:

#### 3) Apoio a Aprendizagem Evolutiva

Refere-se à aprendizagem crescente que auxilia na compreensão dos conceitos desde estágios mais simples até os fenômenos mais complexos.



Comentários:



### 7) Precisão dos Cálculos e Resultados

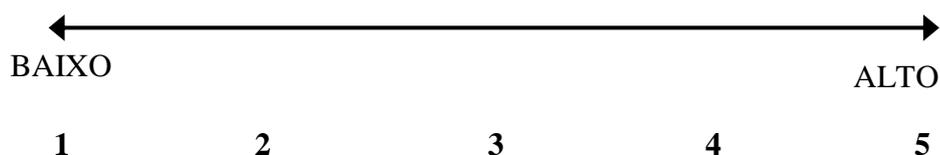
Refere-se à coleta, geração e teste de grandes quantidades de dados que comprovem a hipótese.



Comentários:

### 8) Rigor Científico

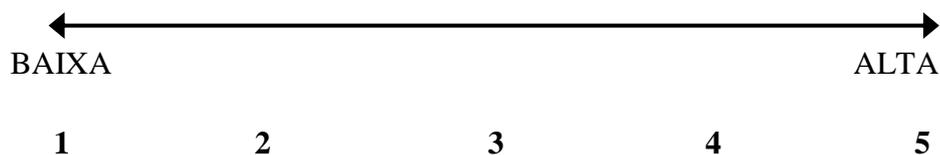
Refere-se à identificação e relação entre causas e efeitos entre os “sistemas complexos”, comprovados com critérios de natureza científica.



Comentários:

### 9) Clareza dos Procedimentos

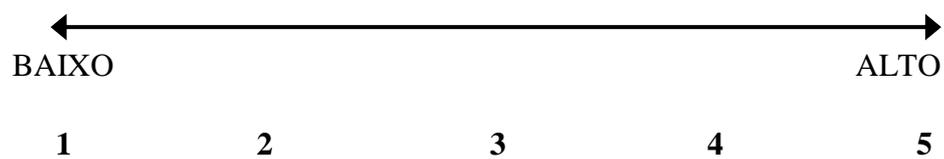
Refere-se à redução de “ruído” cognitivo de modo que os estudantes possam através de comandos simples de maneira a permitir se concentrarem nos conceitos envolvidos.



Comentários:

## 10) Suporte para a Resolução de Problemas

Refere-se ao suporte à promoção de habilidades para a resolução de problemas e promover o raciocínio crítico *e analítico*.



Comentários:

### 3.4.3 Formulário para Avaliação dos Aspectos de Usabilidade

#### 1) Adequação do Software

Refere-se à capacidade que o software tem de possibilitar ao usuário compreender se ele (software) é apropriado para as suas tarefas (do usuário).



Comentários:

#### 2) Facilidade de Aprendizagem

Refere-se à facilidade oferecida pelo software para que o usuário aprenda a explorar e utilizar os diferentes módulos e atividades incluídos.



Comentários:

#### 3) Operacionalidade

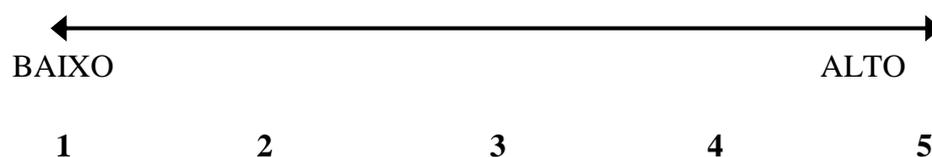
Refere-se à capacidade que o software possui de tornar a sua utilização fácil para os usuários.



Comentários:

#### 4) Suporte à Memorização

Refere-se às características (padronização de telas, navegação, design, etc.) que facilitem ao usuário a memorização dos caminhos e procedimentos de interação para uso adequado do software.



Comentários:

#### 5) Proteção aos Erros do Usuário

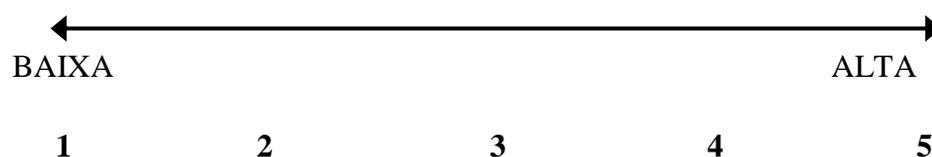
Refere-se às características que o software possui para proteger o usuário de cometer possíveis erros.



Comentários:

#### 6) Clareza das Informações

Está relacionada a se a informação contida no espaço de conhecimento incorporado no software é apresentada de maneira entendível.



Comentários:

## 7) Acessibilidade

Refere-se à capacidade do software de ser usado por pessoas com diferentes perfis e características, em um contexto específico ligado aos objetivos do sistema.



Comentários:

## 8) Qualidade do Design

Compreende aspectos como aparência e disposição dos elementos nas telas do software, incluindo texto, ícones, gráficos, cores, etc.



Comentários:

## 9) Satisfação do Usuário

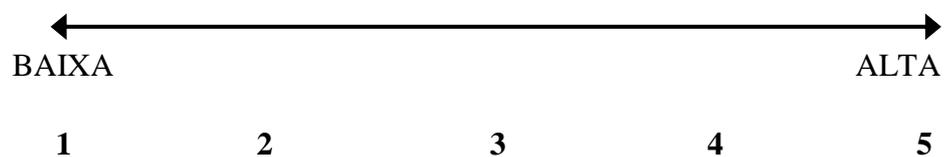
Representa uma condição subjetiva, segundo a qual o usuário considera a interação com a aplicação agradável e atrativa, sentindo-se satisfeito com o software.



Comentários:

## 10) Funcionalidade Geral

Representa uma dimensão abrangente, relacionada à utilidade do software e atendimento dos objetivos pretendidos pelos usuários.

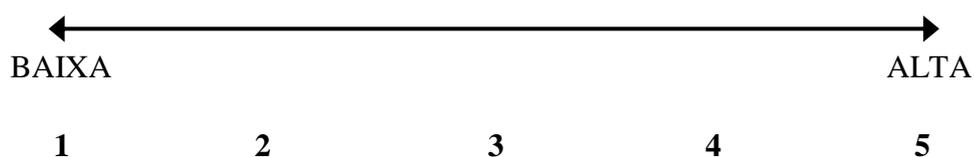


Comentários:

### 3.4.4 Formulário para Avaliação dos Aspectos Tecnológicos

#### 1) Exigência de Equipamento

Refere-se aos equipamentos computacionais (computador, rede, dispositivos específicos) que o software requer para seu amplo funcionamento.



Comentários:

#### 2) Exigência de Software

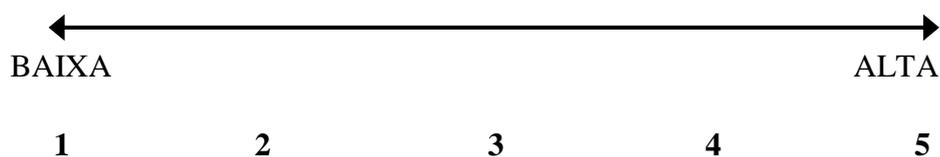
Refere-se aos softwares e versões (sistema operacional, linguagens, etc.) que o software requer para seu amplo funcionamento.



Comentários:

#### 3) Disponibilidade

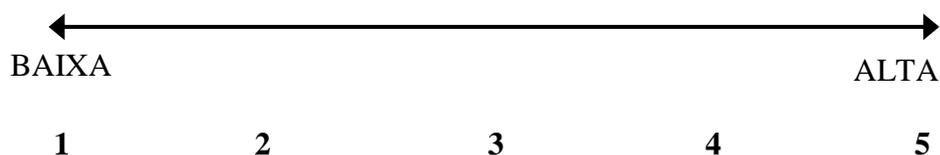
Refere-se à capacidade que o software possui de estar disponível em qualquer instante de tempo, quando for necessário ou requisitado.



Comentários:

#### 4) Segurança

Refere-se aos mecanismos incorporados pelo software, capazes de garantir a privacidade do usuário, quanto a sua identificação, mesmo compartilhando e publicando informações.



Comentários:

#### 5) Confidencialidade

Refere-se à capacidade do software de garantir que os dados estarão acessíveis somente aos usuários que possuem autorização de acesso.



Comentários:

#### 6) Comportamento em Relação ao Tempo

Refere-se à capacidade do software em atender a condições pré-estabelecidas quanto ao tempo de resposta, processamento e taxa de transferência apropriada.



Comentários:

## 7) Portabilidade

Refere-se à capacidade que o software apresenta para se adaptar a diferentes ambientes, previamente especificados, sem a necessidade de mudanças em outras aplicações.



Comentários:

## 8) Adaptabilidade

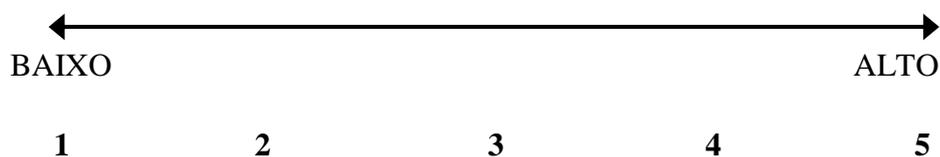
Refere-se à capacidade do software em ter características passíveis de serem modificadas, para atender diferentes perfis de usuários.



Comentários:

## 9) Mapeamento das Ações de Usuários

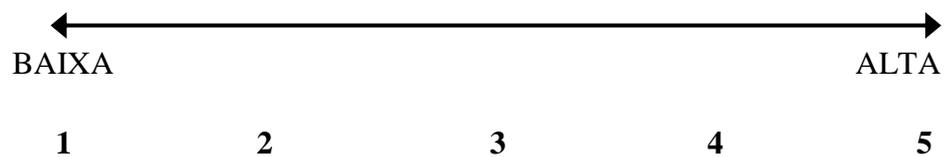
Refere-se à habilidade do software em rastrear e representar, de forma clara para o usuário, os caminhos por ele percorridos ao usar o software.



Comentários:

## 10) Facilidade de instalação

Refere-se à facilidade e possibilidade do software ser instalado em um ambiente pré-especificado.



Comentários:

### 3.4.5 Formulário de Cadastro da Avaliação

<b>Avaliação de Software Educacional para o Ensino de Ciências</b> <b>Cadastro da Avaliação</b>	
<b>Nome do Software:</b> _____	
<b>Área do Software:</b> <input type="checkbox"/> Ciências <input type="checkbox"/> Biologia <input type="checkbox"/> Química <input type="checkbox"/> Física _____	
<b>Descrição:</b> _____ _____ _____	
<b>Software para:</b> <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental (nível 2) <input type="checkbox"/> Ensino Médio	
<b>Responsável pela Avaliação:(opcional)</b> _____	
<b>Nome do Avaliador (opcional):</b> _____	
<b>Data e Local da Avaliação:</b> _____	
<b>Pesos Atribuídos aos Módulos da Avaliação</b>	
<input type="checkbox"/> Peso igual para os 4 Módulos	
<input type="checkbox"/> Pesos diferentes para os Módulos:	
- Módulo “Aspectos Pedagógicos” - Peso: _____	
- Módulo “Aspectos do Ensino de Ciências” - Peso: _____	
- Módulo “Aspectos de Usabilidade” - Peso: _____	
- Modulo “Aspectos Tecnológicos” - Peso: _____	