# UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

Cenário Comparativo das Áreas de Preservação
Permanente da Bacia do Ribeirão José Pereira baseado no
Novo Código Florestal e seus Possíveis Impactos na
Condutividade Hidráulica do Solo

**Lucas Martins Brito** 

Fevereiro de 2018 Itajubá - MG

# UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

#### **Lucas Martins Brito**

# Cenário Comparativo das Áreas de Preservação Permanente da Bacia do Ribeirão José Pereira baseado no Novo Código Florestal e seus Possíveis Impactos na Condutividade Hidráulica do Solo

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Inês Nogueira Alvarenga

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eliane Guimarães Pereira Melloni

Fevereiro de 2018 Itajubá - MG

#### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa de estudos que permitiu a realização desse trabalho e à Unifei pela disposição da infraestrutura necessária.

À Professora Dra. Maria Inês Nogueira Alvarenga pela orientação e paciência nas discussões que não só resultaram na compilação deste trabalho, mas que foram fundamentais na minha formação profissional e pessoal durante essa jornada.

À Professora Dra. Eliane Guimarães Pereira Melloni pela orientação e solicitude mediante às conversas que contribuíram de maneira determinante nos resultados obtidos.

Aos colegas e técnicos Oswaldo Rodrigues e Josivaldo Rodrigues pelo auxílio, paciência e bom humor na realização das campanhas de campo.

À minha noiva Érica pelo carinho, apoio e atenção dedicados de maneira integral durante todas as etapas.

Ao amigo Marcel Sant'Ana Guariente pela companhia, conselhos e ajuda nos períodos mais adversos.

A todos os colegas da Unifei que de alguma forma fizeram parte desses dois anos de estudo e trabalho.

E à toda minha família pelo suporte imensurável.

#### **RESUMO**

O atual código florestal (Lei Federal nº 12.651/2012) promoveu alterações em diversos critérios estabelecidos nas legislações anteriores. Dessas mudanças, destacam-se os critérios relacionados à delimitação e à recomposição das Áreas de Preservação Permanente - APPs de rios, nascentes e topo de morro. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo comparar os cenários das APPs definidas pelo antigo (Lei Federal nº 4.771/1965) e o atual código florestal na bacia do Ribeirão José Pereira, localizada no município de Itajubá (MG), e avaliar os possíveis reflexos dessas alterações na capacidade de infiltração de água no solo. As APPs objeto de estudo foram as associadas aos rios, nascentes, declividade e topo de morro, que foram identificadas e avaliadas por ferramentas de geoprocessamento e as análises da infiltração do solo foram realizadas por meio de ensaios em campo com o permeâmetro de Guelph em Cambissolo, Latossolo e Argissolo, sob o uso de mata, pasto e pasto degradado. O efeito das alterações das leis foi o potencial de redução de 92,28% do total das APPs na área de estudo e de 100% nas APPs de topo de morro. Esses resultados se devem à diminuição das áreas a serem reflorestadas e aos novos critérios de classificação de relevo. Os resultados mostraram que, sob o uso de mata, o Cambissolo apresentou o maior valor médio de condutividade hidráulica saturada (272,8mm/h), o Latossolo teve a menor taxa de infiltração média (14,08mm/h) e o Argissolo mostrou-se com comportamento hidrodinâmico indiferente com relação ao uso e ocupação. A avaliação das alterações do uso e ocupação das antigas APPs de topo de morro mostrou que as mudanças de mata para pasto e para pasto degradado nessas áreas seriam responsáveis pela diminuição de 7,6% e 3,9% da capacidade de infiltração total da Bacia do Ribeirão José Pereira.

Palavras-chave: Código Florestal. Áreas de Preservação Permanente. Geoprocessamento. Topo de Morro. Condutividade Hidráulica Saturada. Cambissolo. Latossolo. Argissolo.

#### **ABSTRACT**

The current forest code (Federal Law no. 12.651 / 12) has promoted changes in several concepts established in previous legislation. From these changes, the criteria related to the delimitation and recomposition of the Permanent Preservation Areas - APPs of rivers, springs and hilltop were highlighted. In this sense, the objective of this study was to compare the scenarios of APPs defined by the former (Law 4,771 / 65) and current forest code in the Ribeirão José Pereira watershed, located in the municipality of Itajubá (MG), and evaluate the possible changes in soil infiltration capacity. The study object APPs were those generated by rivers, springs, declivity and hilltop, which were identified and evaluated by geo-processing tools and the analyzes of soil infiltration were carried out by means of field tests with the permeameter of Guelph. The effect of the changes in the laws was the potential to reduce 92.28% of the total APPs in the study area and 100% in the top hill APPs. These results are due to the reduction of the areas to be reforested and the new relief classification criteria. Soils evaluated in the infiltration trials were Cambissolo, Latossolo and Argissolo, under the use of forest, pasture and degraded pasture. The results showed that, under the use of forest, Cambissolos had the highest average value of saturated hydraulic conductivity (272.8 mm / h), the Latossolo had the lowest average infiltration rate (14.08 mm / h) and the Argissolo showed with hydrodynamic behavior regardless of use and occupation. Although the direct relationship between the vegetation cover changes and the soil infiltration capacity was not evident, the physical attributes of the evaluated soils proved to be determinants of the saturated hydraulic conductivity. The evaluation of the changes in the use and occupation of the former hilltop APPs showed that changes from forest to pasture and to degraded pasture in these areas would be responsible for the decrease of 7.6% and 3.9% of the total infiltration capacity of the Basin of Ribeirão José Pereira.

Keywords: Forest Code. Areas of Permanent Preservation. Geoprocessing. Hilltop. Saturated Hydraulic Conductivity. Cambissolo. Latossolo. Argissolo.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Variáveis ambientais cuja preservação e manutenção é garantida
pelas áreas de proteção permanente22
Figura 2 - Representação das APPs de rio conforme a largura do leito regular e
de cheia24
Figura 3 - APP de nascente e olhos d'água25
Figura 4 - APPs de lagos e lagoas naturais de acordo com o zoneamento e
dimensões27
Figura 5 - APPs de lagos e lagoas artificiais de acordo com o zoneamento e
dimensões
Figura 6 - Disposição das APPs nas encostas de acordo com a as linhas de
declive29
Figura 7 -Critérios de altura e declividade para classificação de morros e
montanhas e alocação de APP de topo de morro, conforme definido pelo antigo
código florestal30
Figura 8 - Critérios de altura e declividade para classificação de morros e
alocação de APP de topo de morro, conforme definido pelo atual código florestal
30
Figura 9 – Definição dos pontos de sela a serem usados como referência de
cálculo e classificação das elevações, segundo o antigo e o novo código
florestal
Figura 10 - Agrupamento de morros ou montanhas cujos cumes estão separados
por até 500 metros e cota da APP gerada a partir da elevação mais baixa 31
Figura 11 - Ilustração das drenagens, vertentes, interflúvios e exutório, que
compõem uma bacia hidrográfica32
Figura 12 - Relação dos processos hidrológicos que ocorrem a partir da
precipitação em forma de chuva32
Figura 13 - Chegada da água ao solo a partir do processo de interceptação
vegetal34
Figura 14 - Inversão do perfil de umidade do solo após cessada a precipitação.

Figura 15 - Curva característica da variação da velocidade de infiltração com o
tempo, destaque para a assíntota que representa a condutividade hidráulica
saturada36
Figura 16 - Perfil de solo localizado no município de Delfim Moreira, cuja
variabilidade espacial da cor do solo se dá em escala de metros39
Figura 17 - Esquema da variação da cor do solo em topossequência de acordo
com a diminuição do teor de hematita
Figura 18 - Mapa da distribuição das classes de declividade presentes no
município de Itajubá, conforme classificação proposta pela Embrapa (1979) 42
Figura 19 - Distribuição das áreas de drenagem dos principais corpos hídricos
de Itajubá43
Figura 20 - Distribuição das Unidades de Mapeamento presentes no município
de Itajubá, segundo mapa de solos de Minas Gerais, publicado em 2010 $\dots$ 44
Figura 21 - Contribuição dos diferentes usos no volume total de água captado no
município de Itajubá
Figura 22 - Contribuição dos diferentes usos no volume total dos lançamentos
de água outorgados no município de Itajubá
Figura 23 - Disposição dos pontos de captação e lançamento outorgados dentro
do município de Itajubá47
Figura 24 - Croqui do sistema de abastecimento público e do esgotamento
sanitário do município de Itajubá48
Figura 25 - Fluxograma do desenvolvimento metodológico utilizado
Figura 26 - Localização do Município de Itajubá 50
Figura 27 - Localização da bacia do Ribeirão José Pereira na bacia do Rio
Sapucaí50
Figura 28 - Localização da área de estudo no município de Itajubá e suas
parcelas distribuídas entre perímetro urbano e zona rural51
Figura 29 - Localização e disposição da Reserva Biológica da Serra dos Toledos
dentro da área de estudo e do município de Itajubá
Figura 30 - Distribuição das classes de solo na Bacia do Ribeirão José Pereira.
53
Figura 31 - Classificação da declividade da área de estudo de acordo com as
classes de declividade definidas pela Embrapa (EMBRAPA, 1979) 54
Figura 32 - Hipsometria da área de estudo 55

Figura 33 - Esquema representativo da lógica utilizada na metodologia para
determinação das APPs de topo de morro na área da bacia do ribeirão José
Pereira, município de Itajubá57
Figura 34 - Rotas e pontos de observação das duas visitas a campo, usados no
diagnóstico da verdade terrestre60
Figura 35 - Áreas de proteção permanente geradas a partir da hidrologia da
Bacia do Ribeirão José Pereira, segundo as determinações da Lei nº4771 de
1965 (BRASIL, 1965) 63
Figura 36 - Áreas de Proteção Permanente geradas a partir da hidrologia da
Bacia do Ribeirão José Pereira, segundo as determinações da Lei nº12651 de
2012 (BRASIL, 2012) 64
Figura 37 - Áreas de Preservação Permanente geradas pelo critério de
declividade na Bacia do Ribeirão José Pereira, conforme estabelecido pelos dois
códigos florestais (BRASIL 1965, 2012)65
Figura 38 - Representação dos resultados da classificação dos cumes
encontrados na Bacia do Ribeirão José Pereira, de acordo com as duas leis
(BRASIL, 1965, 2012)66
Figura 39 - Distribuição das Áreas de Proteção Permanente de topo de morro
na Bacia do Ribeirão José Pereira, geradas pelos critérios estabelecidos pelo
código florestal de 1965 (BRASIL, 1965) 66
Figura 40 - Exemplo de alteração da classificação dos pontos de máximo da área
de estudo, segundo a alteração do referencial de cálculo promovida pela lei atual
(BRASIL, 2012) 67
Figura 41 - Área de Preservação Permanente total da Bacia do Ribeirão José
Pereira, segundo a aplicação da Lei nº4771/65 (BRASIL, 1965) 68
Figura 42 - Área de Preservação Permanente total da Bacia do Ribeirão José
Pereira, segundo a aplicação da Lei nº12651/12 (BRASIL, 2012) 68
Figura 43 - Delimitação das classes de uso e ocupação do solo identificadas pela
classificação supervisionada da área de estudo70
Figura 44 - Parcela da área de estudo classificada a partir da ferramenta SCP e
os erros associados à classificação71
Figura 45 - Delimitação das classes de uso e ocupação do solo identificadas pela
vetorização manual da área de estudo72

Figura 46 - Classes de uso e ocupação do solo que foram corrigidas pela etapa
de verdade terrestre73
Figura 47 - Afloramento rochoso, pastagem, mata e capoeira identificados em
um ponto de observação avaliado na etapa de verdade terrestre74
Figura 48 - Áreas de várzea e cultivos evidenciadas durante a etapa de verdade
terrestre74
Figura 49 - Solo exposto e lagos identificados na etapa de verdade terrestre. 75
Figura 50 - Mapa de uso e ocupação do solo com a classificação resultante da
etapa de verdade terrestre75
Figura 51 - Ausência de cobertura vegetal adequada em APPs de rios na área
de estudo, destaque da presença de gado próximo aos cursos d'água 76
Figura 52 - Presença de gado próximo à nascente e ausência de vegetação
adequada nas APPs de recursos hídricos
Figura 53 - Localização dos pontos de realização dos ensaios de infiltração e dos
pontos de topossequência usados como referência nas análises 81
Figura 54 - Gráfico com os valores das medianas da condutividade hidráulica
saturada de cada solo em diferentes classes de uso e ocupação 82
Figura 55 – Diagrama de ordenação dos parâmetros dos solos, sob os diferentes
usos, produzidos por ACP, na profundidade de 15 a 20 centímetros 83
Figura 56 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento feita com todos
os dados coletados nos ensaios de infiltração e com os atributos do solo dos
pontos de referência84
Figura 58 - Medianas das condutividades hidráulicas saturadas observadas em
cada classe de uso e ocupação do solo em Cambissolo 86
Figura 57 - Áreas de pasto, pasto degradado e mata utilizadas nos ensaios da
condutividade hidráulica para a classe de Cambissolo 86
Figura 59 - Diagrama de ordenação dos parâmetros do Cambissolo, sob os
diferentes usos, produzidos por ACP, na profundidade de 15 a 20 centímetros.
87
Figura 60 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento feita com os
dados coletados nos ensaios de infiltração em Cambissolo e com os atributos do
solo dos pontos de referência
Figura 61 - Áreas de pasto, pasto degradado e mata utilizadas nos ensaios da
condutividade hidráulica para a classe de Latossolo Vermelho90

Figura 62 Medianas das condutividades hidráulicas saturadas observadas em
cada classe de uso e ocupação do solo nos Latossolos90
Figura 63 - Diagrama de ordenação dos parâmetros do Latossolo, sob os
diferentes usos, produzidos por ACP, na profundidade de 15 a 20 centímetros.
91
Figura 64 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento feita com os
dados coletados nos ensaios de infiltração nos Latossolos e com os atributos do
solo dos pontos de referência
Figura 65 - Áreas de pasto, pasto degradado e mata utilizadas nos ensaios da
condutividade hidráulica para a classe de Argissolo Vermelho94
Figura 66 - Medianas das condutividades hidráulicas saturadas observadas em
cada classe de uso e ocupação do solo em Argissolo Vermelho;94
Figura 67 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento feita com os
dados coletados nos ensaios de infiltração no Argissolo Vermelho95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das florestas segundo o código florestal de 1934 e suas
respectivas funções
Tabela 2 - Diagnóstico das dimensões e áreas ocupadas pelos imóveis rurais
brasileiros21
Tabela 3 - Faixas marginais das APPs de acordo com a largura do rio 24
Tabela 4 - Faixas marginais de APP a serem recompensadas em áreas rurais
consolidadas de acordo com o tamanho da propriedade26
Tabela 5 - Extensão das faixas de APP em lagos e lagoas artificiais, segundo os
códigos florestais de 1965 e de 201227
Tabela 6 - Extensão das faixas de APP em lagos e lagoas naturais, segundo os
códigos florestais de 1965 e de 2012
Tabela 7 - Classificação da permeabilidade do solo de acordo com a
condutividade hidráulica saturada36
Tabela 8 - Cenário do uso e ocupação das terras dos estabelecimentos
agropecuários41
Tabela 9 - Intervalos de declividade propostos pela classificação da Embrapa
(1979) e composição do relevo de Itajubá, segundo a mesma
Tabela 10 - Divisão das classes de solo presentes na Bacia do Ribeirão José
Pereira53
Tabela 11 - Divisão da declividade da área de estudo, segundo as classes
definidas pela Embrapa (EMBRAPA, 1979)54
Tabela 12 - Dimensões utilizadas na delimitação das APPs geradas pela
hidrografia da área de estudo56
Tabela 13 - Amostras das classes utilizadas na classificação do uso e ocupação
do solo supervisionada58
Tabela 14 - Padrão das classes usadas na análise do uso e ocupação da área
de estudo59
Tabela 15 - Resultado da classificação supervisionada do uso e ocupação do
solo da Bacia do Ribeirão José Pereira
Tabela 16 - Resultado da vetorização manual do uso e ocupação do solo da
Bacia do Ribeirão José Pereira72

Tabela 17 – Resultados das classificações do uso e ocupação do solo da Bacia
do Ribeirão José Pereira, utilizando os métodos: vetorização manual, verdade
terrestre e a classificação supervisionada
Tabela 18 - Relação entre a ocupação de matas das APPs e as áreas a serem
recompostas, segundo os códigos florestais de 1965 e de 201277
Tabela 19 - Parcelas das diferentes classes de solo presentes nas antigas APPs
de topo de morro dentro da Bacia do Ribeirão José Pereira79
Tabela 20 - Diferentes classes de uso e ocupação do solo que compõem as
antigas APPs79
Tabela 21 - Combinações entre classes de solo e de uso e ocupação
selecionadas para realização dos ensaios de infiltração 80
Tabela 22 - Pontos das topossequências utilizados para a escolha dos pontos
dos ensaios de infiltração e referência nas análises
Tabela 23 - Classificação dos perfis dos pontos de referência utilizados 80
Tabela 24 - Resultado dos ensaios de infiltração realizados na Bacia do Ribeirão
José Pereira, em três classes de solo e de uso, com três repetições 81
Tabela 25 - Atributos do solo avaliados por Lima (2012) nos pontos de referência
e os respectivos pontos de ensaio referenciados
Tabela 26 - Valores dos autovetores obtidos nas análises de todas as variáveis
e pontos de ensaio da área de estudo
Tabela 27 - Dados dos ensaios e dos pontos de referência utilizados na análise
do Cambissolo87
Tabela 28 - Autovetores das componentes principais F1 e F2 da ACP realizada
nos pontos de ensaios e respectivos pontos de referência do Cambissolo 88
Tabela 29 - Dados dos ensaios e dos pontos de referência utilizados na análise
dos Latossolos
Tabela 30 - Autovetores das componentes principais F1 e F2 da ACP realizada
nos pontos de ensaios e respectivos pontos de referência dos Latossolos 92
Tabela 31 - Dados dos ensaios e do ponto de referência utilizado na análise do
Argissolo Vermelho
Tabela 32: Classes de solo presentes nas áreas ocupadas por matas nas antigas
APPs de topo de morro e valores das condutividades hidráulicas utilizados na
criação dos cenários96

Tabela 33: Alteração da condutividade hidráulica em Cambissolo, Latossolo e
Argissoo, de acordo com os dois cenários de alteração de uso e ocupação do
solo propostos97
Tabela 34: Variação da condutividade hidráulica nas antigas APPs,
considerando a contribuição de cada classe de solo nos dois cenários propostos
97
Tabela 35: Redução na capacidade de infiltração da Bacia do Ribeirão José
Pereira, de acordo com os dois cenários propostos97

# Sumário

1.	INTRO	)DUÇAO	.15
2.	OBJET	TVOS	.17
		OBJETIVO GERALOBJETIVOS ESPECÍFICOS	
3.	REVIS	ÃO BIBLIOGRÁFICA	.18
	3 1	HISTÓRICO DA LEIS FLORESTAIS NO BRASIL	18
	0	3.1.1 Período pré-colonial a 1934	
		3.1.2 O Primeiro Código Florestal do Brasil	
		3.1.3 Área de Preservação Permenente	
		3.1.4 Preservação de rios e nascentes	
		3.1.5 Preservação de lagos	
		3.1.6 Preservação por altitude e declividade	
		3.1.7 Preservação de topo de morro	
	3.2	ÁGUA NO SOLO	
		3.2.1 Evapotranspiração	
		3.2.2 Interceptação Vegetal	
		3.2.3 Infiltração	do.
		EFEITOS DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA INFILTRAÇÃO ERRO! INDICADOR NÃO DEFINII	
	3.7.	VARIABILIDADE ESPACIAL DO SOLO	DO.
	4.	CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ	
		3.2.4 Relevo e Hidrografia	
		3.2.5 Pedologia	. 43
		3.2.6 Demandas de água e outorgas	
		3.2.7 Abastecimento Público e Esgotamento Sanitário	.47
4.	Meto	dologia	.49
	3.3	ÁREA DE ESTUDO	49
	3.6.	ANÁLISES DE GEOPROCESSAMENTO	52
		4.2.1. Avaliação do Relevo	.53
		4.2.2. Delimitação das APPs	. 55
		4.2.3. Classificação do Uso e Ocupação do Solo	
		VERDADE TERRESTRE	
		ENSAIO DE INFILTRAÇÃO	
		ALTERAÇÕES NA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DA BACIA DO RIBEIRÃO JOSÉ PEREIRA	
	4.5.	Analises Estatísticas	62
5.	Result	tados e Discussão	.63
		APPS NA BACIA DO RIBEIRÃO JOSÉ PEREIRA NO ANTIGO E ATUAL CÓDIGOS FLORESTAIS.	
	5.2.	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIBEIRÃO JOSÉ PEREIRA	
		5.2.1. Classificação supervisionada	
		5.2.2. Vetorização manual e verdade terrestre	
	5.3.	ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO	
		5.3.1. Cambissolo	
		5.3.2. Latossolo Vermelho	
		5.3.3. Argissolo Vermelho	
	5.4.	CENÁRIOS DE INFILTRAÇÃO NA BACIA DO RIBEIRÃO JOSÉ PEREIRA	96
6.	Conclu	usão	.99
7	Rofori	ências Rihlingráficas	101

### 1. INTRODUÇÂO

Com o objetivo teórico de garantir maior qualidade ambiental, diferentes critérios e parâmetros foram adotados pela legislação brasileira ao longo dos anos. Nesse sentido, as alterações promovidas pelo atual código florestal (Lei Federal Nº 12651/2012) com relação ao anterior (Lei Federal Nº 4771/1965) podem impactar no desempenho ambiental de atividades industriais e agrícolas e no planejamento urbano de todo o país.

Entretanto, o significado dessas alterações deve ser avaliado em situações práticas, para que sejam feitas as devidas observações sobre os reais reflexos da lei vigente (BRASIL, 2012) sobre as populações de interesse. Olhando para as definições sobre as Áreas de Preservação Permanente - APPs, nota-se a importância da aplicação e avaliação dos dois códigos em uma cidade como Itajubá-MG, cujo relevo acidentado somado à hidrografia podem potencializar os efeitos das diferenças observadas nas leis.

Para um estudo com maior base de dados, referências e, consequentemente, riqueza de detalhes, foi selecionada a bacia do Ribeirão José Pereira como área de avaliação e comparação das dimensões das APPs, segundo os dois códigos florestais (BRASIL, 1965, 2012). A área mostra-se importante para a região, pois, além de fazer parte do sistema de abastecimento público de água do município, abriga a Reserva Biológica da Serra dos Toledos, uma importante reserva de preservação integral da região.

Além da avaliação das dimensões das APPs na bacia de acordo com as duas leis (BRASIL, 1965, 2012), é importante quantificar e qualificar o uso e ocupação do solo em cada área, bem como determinar os possíveis usos conflitivos do solo, já que muitas dessas áreas ambientalmente estratégicas têm como função a preservação da estabilidade geológica e a conservação do solo. De acordo com Tambosi et al. (2015) os impactos associados a esses cenários podem refletir na diminuição da infiltração de água no solo e alteração da vazão de nascentes, principalmente devido às diferenças nos conceitos de topos de morro, apresentadas pelas duas leis.

Visando o levantamento dessas informações, foi realizada a aplicação dos dois códigos florestais (BRASIL, 1965, 2012) na bacia do Ribeirão José Pereira, cuja comparação foi a base para análise da ocupação das APPs e dos possíveis

impactos que o cenário poderia apresentar na capacidade de infiltração de água no solo.

A hipótese é que a possível diminuição das APPs, principalmente associadas ao relevo, geraria um cenário de maior permissividade com relação à supressão das áreas de matas e essa mudança do uso e ocupação do solo poderia diminuir a capacidade de infiltração da bacia do Ribeirão José Pereira.

#### 2. OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo Geral

Identificar e caracterizar as APPs da bacia do Ribeirão José Pereira, considerando os códigos florestais de 1965 e de 2012 e avaliar os possíveis impactos na infiltração do solo.

#### 2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e comparar as APPs presentes na área de estudo de acordo com as duas legislações.
- Quantificar e qualificar o uso do solo presente em cada APP.
- Determinar o uso conflitivo do solo nas APPs.
- Avaliar as possíveis alterações na condutividade hidráulica saturada de acordo com as mudanças no uso e ocupação do solo.

#### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Histórico da Leis Florestais no Brasil

Para garantir a compreensão do atual cenário da legislação ambiental brasileira e dos critérios adotados para a preservação de áreas ambientalmente estratégicas, se faz necessário entender sobre quais perspectivas e condições que as leis do país foram construídas e consolidadas. Portanto, apresenta-se uma síntese temporal dos direcionamentos legais desde o período pré-colonial até o código florestal vigente (BRASIL, 2012).

Conforme destacado por Wainer (1993), na época do descobrimento do Brasil, a legislação ambiental portuguesa mostrava-se bastante evoluída e suas determinações tinham como objetivo principal remediar a situação de escassez de gêneros alimentícios do país.

Entretanto, somente em 12 de dezembro de 1605 foi editada a primeira lei protecionista florestal brasileira, o chamado "Regimento sobre o pau-brasil" (FERREIRA; COSTA, 1605 apud WAINER, 1993). Sua origem se dava pela percepção da diminuição do estoque de pau-brasil e o conteúdo determinava penas sobre aqueles que cortassem a madeira sem expressa licença real (WAINER, 1993).

O próximo registro legal de destaque no âmbito ambiental foi a Carta Régia de 13 de março de 1797, que continha ordens para a proteção e conservação das matas em todo o brasil, com destaque para as matas de encosta e às margens dos rios (SÃO PAULO, 1963a).

Já, em 1799, o Regimento de cortes de madeira, além de regular a exploração dos recursos florestais do pais, tinha também como objetivo coibir a ação dos agricultores que, segundo os termos do próprio regimento, eram responsáveis pela destruição das matas para o estabelecimento de lavouras, fato que estaria comprometendo o estoque de matéria prima para a construção (SÃO PAULO, 1963b).

A Lei nº 601 de 1850 trazia alguns termos sobre a ocupação do solo e sanções às atividades predatórias, como por exemplo, pena de dois a seis meses de prisão e multa, no caso de derrubada de matas e queimadas sem autorização (IMPÉRIO DO BRASIL, 1850).

Em 1911, motivada pela devastação desordenada das matas que produzia em todo o país diversos efeitos, como alterações na constituição climática regional e no regime de chuvas, foi criada a primeira reserva florestal do país, por meio do Decreto Federal nº 8843/1911 (BRASIL, 1911). A reserva foi criada estrategicamente no estado do Acre, pois, segundo a própria lei, era necessário assegurar a navegabilidade fluvial e evitar as modificações no regime hidrológico da região.

O Código civil brasileiro de 1916 apesar de não ser uma lei voltada para a proteção do meio ambiente, trazia em seu texto diversas disposições de natureza ecológica e pode ser considerada um dos marcos que antecedem o código florestal de 1934 (BRASIL, 1934).

O primeiro Código Florestal, aprovado pelo Decreto Federal nº 23793 de 23 de janeiro de 1934 (BRASIL, 1934), classificava as florestas nas seguintes categorias: Protetoras, Remanescentes, Modelo e de Rendimento. Conforme observado por Brasil (2011) e pela análise da própria lei, essa classificação tinha como objetivo relacionar cada classe de floresta com uma função de proteção específica. Portanto, enquanto as chamadas florestas Protetoras garantiriam as funções hidrogeológicas do ecossistema, as Remanescentes seriam responsáveis pelas funções biológicas, as Modelos pelas funções de experimentação e as de Rendimento visavam à produção (tabela 1).

Tabela 1 - Classificação das florestas segundo o código florestal de 1934 e suas respectivas funções.

Classificação das Florestas	Funções
	Conservar o regime hídrico
	Evitar erosão do solo por ação de agentes naturais
	Fixar dunas
Protetoras	Auxiliar na defesa das fronteiras
	Assegurar condições de salubridade pública
	Proteger sítios de beleza natural
	Abrigar espécies da fauna nativa
Formam parques nacionais, estaduais ou municipais	
Remanescentes	Cultivar espécies de interesse biológico ou estético
	Criação parques ou bosques públicos
Modelos	Disseminação de espécies nativas ou exóticas
De Rendimento	Florestas com outras funções não contempladas anteriormente
	Fonte: adaptado de Brasil (1934).

O texto da lei de 1934 não apresentava critérios específicos sobre como essas florestas seriam classificadas e limitava-se a descrever como seria dada a exploração dos recursos vegetais em cada tipo de floresta e as respectivas

penalidades de acordo com as ações que viessem de encontro às disposições do decreto (BRASIL, 1934).

Para compreender a motivação e os critérios adotados pelo código florestal de 1934 (BRASIL, 1934), é necessário entender o contexto socioeconômico do país na época de sua aprovação. O Brasil estava em meio à forte expansão cafeeira, principalmente na região Sudeste, fazendo com que as florestas se distanciassem das cidades, dificultando e aumentado os custos do transporte de lenha. Para que isso não se tornasse um problema de popularidade para o novo regime, instaurado com a Revolução de 1930, o código florestal de 1934, através de seu Art. 23, obrigou os donos de terras a manterem 25% da área de seus imóveis com a cobertura de mata original (reserva de lenha), enquanto que o restante poderia ser explorado (BRASIL, 1934, 2012)

Na maior parte desse registro histórico da legislação do país é fácil notar o predomínio da percepção do meio ambiente como provedor de recursos e que os mecanismos de proteção são voltados para a garantia da continuidade das atividades exploratórias e do desenvolvimento econômico do país.

#### 3.1.1 Área de Preservação Permenente

Um novo olhar sobre a conservação dos recursos naturais foi estabelecido partir do Código Florestal de 1965. Até então, a proteção se dava sobre a perspectiva das funções que cada tipo de floresta exercia sobre o sistema ambiental, conforme definido pelo Código de 1934. O texto original da Lei Federal nº 4771 de 1965 estendia a proteção para outras formas vegetais naturais, definindo essas áreas como Áreas de Proteção Permanente – APPs. Observando as condições apresentadas no código de 1965, nota-se que as funções das APPs contemplam o somatório das funções das florestas Protetoras, Remanescentes e Modelos de Rendimento, definidas no código de 1934.

Os limites e dimensões das APPs sofreram diversas alterações ao longo dos anos. Entretanto, Após diversas discussões entre grupos políticos, produtores agropecuários, ambientalistas e cientistas (BRASIL, 2011) foi publicada no ano de 2012 a Lei nº 12651, que institui o atual Código Florestal (BRASIL, 2012), e que trouxe diversas alterações nos conceitos apresentados pela lei anterior.

As alterações foram motivadas principalmente pelo cenário das propriedades rurais do país (BRASIL, 2011). Ou seja, segundo a apuração divulgada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA em 2012, enquanto as propriedades de até 100 hectares de área representavam quase 85% do número de propriedades rurais do Brasil, elas eram responsáveis por apenas cerca de 16% da área total ocupada (tabela 2) (INCRA, 2012).

Tabela 2 - Diagnóstico das dimensões e áreas ocupadas pelos imóveis rurais brasileiros.

Classe de Área (ha)	Número de Propriedades (%)	Área Ocupada (%)
0 - 1	1,143%	0,005%
1 - 2	1,878%	0,022%
2 - 5	12,661%	0,361%
5 - 10	15,338%	0,932%
10 - 25	26,860%	3,639%
25 - 50	15,869%	4,657%
50 -100	10,844%	6,362%
100 - 250	8,518%	10,992%
250 - 500	3,450%	10,146%
500 - 1000	1,818%	10,541%
1000 - 2000	0,850%	9,762%
2000 - 2500	0,211%	3,936%
2500 - 5000	0,385%	11,071%
5000 - 10000	0,132%	7,886%
10000 - 20000	0,023%	2,655%
20000 - 50000	0,013%	3,214%
50000 - 100000	0,003%	1,636%
100000 -	0,004%	12,184%

Fonte: INCRA (2012).

Para que não houvesse maior prejuízo do pequeno proprietário de terra com relação à perda de área útil em sua propriedade, alguns conceitos sobre a utilização de áreas consolidadas foram apresentados no texto da atual legislação (BRASIL, 2012) em uma tentativa de equilibrar esses interesses com a conservação ambiental, permitindo uso de áreas que antes eram protegidas.

A discussão sobre o impacto dessas alterações nas áreas rurais não deve atentar-se apenas para a diminuição das áreas agricultáveis, mas sim de que maneira essas áreas que deveriam estar protegidas podem influenciar a médio e longo prazo na vida do agricultor.

Conforme citado nos códigos florestais de 1965 e de 2012, as áreas de preservação permanente correspondendo às áreas protegidas cobertas ou não por vegetação nativa, cujas funções ambientais estão relacionadas com a

preservação de diferentes variáveis, conforme apresentado na figura 1 (BRASIL, 1965, 2012).

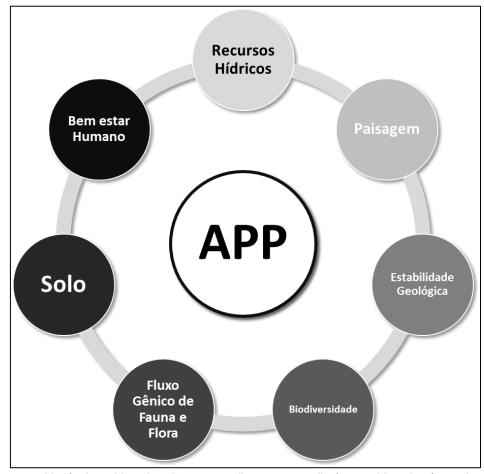


Figura 1 - Variáveis ambientais cuja preservação e manutenção é garantida pelas áreas de proteção permanente. Fonte: adaptado de Brasil (1965, 2012).

Observando as funções das APPs, apresentadas na figura 1, nota-se a complexidade envolvida no seu manejo, tendo em vista que muitas vezes elas estarão relacionadas à preservação de todas as variáveis ambientais de uma só vez. Além do que, a localização da APP mostra-se fundamental para o estudo de sua função no meio, bem como a importância de sua conservação, como observado por Tambosi et al. (2015), cujo estudo mostrou que as principais funções eco-hidrológicas das APPs variam de acordo com sua posição dentro do relevo.

Conforme observado no estudo de Alarconi, Fantini e Salvador (2016), ao avaliarem a percepção de alguns produtores rurais de Santa Catarina, frente aos serviços ambientais fornecidos pelas formações florestais do Corredor Ecológico Chapecó, a disponibilidade e qualidade hídrica foi o serviço ambiental mais

destacado pelos agricultores, reconhecendo o papel dos da floresta na provisão da melhoria dos recursos hídricos locais.

Nesse contexto, a Agência Nacional de Águas – ANA, criou em 2002 o projeto "Produtor de Água", cujo princípio se dá pelo pagamento de uma compensação financeira aos proprietários rurais participantes, que por sua vez implementam medidas de conservação de mananciais estratégicos, garantindo maior qualidade e disponibilidade hídrica. Essas medidas tem como principal objetivo a diminuição da sedimentação da bacia hidrográfica, bem como a diminuição do processo erosivo por meio de recomposição e conservação das Reservas Legais e APPs (PEREIRA et al., 2010)

A importância da conservação dessas áreas é apresentada no estudo realizado por Chaves et al. (2016), que quantificaram os benefícios ambientais da cobertura sobre o processo de sedimentação da bacia do ribeirão Pipiripau no Distrito Federal. Os autores verificaram que a implementação do projeto "Produtor de Água" na área seria responsável pelo abatimento da sedimentação na bacia de 73%, redução de 74% dos custos de tratamento de água e diminuição de 70% da poluição por mercúrio e inseticidas organo-clorados e organo-fosforados.

Os reflexos da revegetação das APPs sobre os recursos hídricos podem ser notados em outras localidades, como no caso do projeto "Conservador das Águas", implementado no município de Extrema-MG. Um dos principais fatores que contribuiu para a criação do projeto, é fato do município compor um sistema que fornece mais da metade do volume de água utilizado na região metropolitana de São Paulo – SP. Portanto, a melhoraria na qualidade e quantidade de água percebida pelos proprietários rurais das bacias recuperadas pode ser notada em todo o sistema de abastecimento. Os resultados desse projeto podem servir de base para a evolução de cenários futuros de desenvolvimento rural mais sustentável e de otimização da gestão dos recursos hídricos (JARDIM; BURSZTYN, 2015).

Olhando para os impactos dessas áreas ambientais estratégicas, fica difícil entender como medidas mais permissivas com relação à sua supressão podem beneficiar o pequeno proprietário, uma vez que têm papel dinâmico não só no ecossistema local e podendo variar de acordo com a topografia e hidrografia regional (TAMBOSI, et al. 2015).

Logo, se faz necessário entender como as APPs estão dividas e as delimitações das áreas destinadas à preservação de: rios, nascentes, lagos, regiões altas e declivosas e os dos topos de morro.

#### 3.1.2 Preservação de rios e nascentes

As áreas de proteção permanente de rios são determinadas pela largura de sua calha, porém, enquanto o antigo código considerava nesse cálculo a calha do nível máximo do rio, ou seja, do nível de cheia, o código atual considera a calha do leito regular (BRASIL, 1965, 2012). Entretanto, as larguras mínimas de APP das faixas marginais são as mesmas, conforme a tabela 3 e a figura 2.

Apesar dessas diferenças entre os códigos se traduzirem apenas nas considerações sobre a calha dos rios, esse fator pode ser muito significativo, caso o rio considerado tenha a calha regular próxima a dez metros, mas a máxima corresponda à uma largura superior a esse valor. Nesse caso, a faixa a ser preservada seria de cinquenta metros, segundo o antigo código e não os trinta metros considerados no código atual.

Tabela 3 - Faixas marginais das APPs de acordo com a largura do rio.

Largura do Rio	Faixa Marginal de APP
Até 10m	30m
10 a 50m	50m
50 - 200m	100m
200 - 600m	200m
Mais de 600m	500m

Fonte: adaptado de Brasil (1965, 2012).

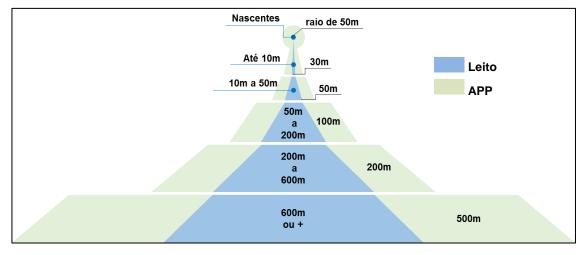


Figura 2 - Representação das APPs de rio conforme a largura do leito regular e de cheia. Fonte: Adaptado de Brasil (1965, 2012).

Diferente do antigo código florestal, o atual apresenta uma definição para as nascentes. Assim, constituem-se em afloramentos naturais do lençol freático, cujo regime de escoamento é perene e que origina um curso d'água, definição semelhante que a lei traz no que se refere aos olhos d'água, cuja diferença conceitual é o fato desses poderem ser intermitentes (BRASIL, 2012).

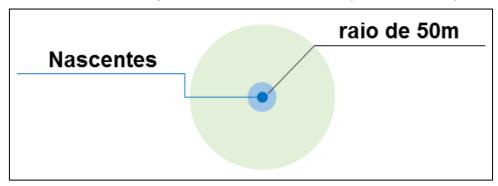


Figura 3 - APP de nascente e olhos d'água. Fonte: Adaptado de Brasil (1965, 2012)

Entretanto, a APP estabelecida nas duas leis é semelhante, ou seja, define-se pela área de entorno das nascentes ou olhos d'água cujo raio mínimo deve ser de 50 metros (Figura 3). Porém o código atual considera apenas os corpos perenes, enquanto o antigo estabelece área de proteção mesmo nos intermitentes. (BRASIL, 1965, 2012).

Por outro lado, a questão da recomposição mostra-se com abordagens distintas frente as duas legislações. Ou seja, o antigo código não torna claro como esta deverá ser realizada, nem sobre a responsabilidade dos agentes públicos e privados. Já, a legislação atual determina que o proprietário deverá reflorestar de maneira integral as áreas cujo desmatamento seja posterior a 22 de julho de 2008. Essa dada foi determinada em função do Decreto Nº6514/2008 (BRASIL, 2008), responsável pela definição das infrações e sanções administrativas ao meio ambiente.

As áreas rurais consolidadas, conforme definidas pelo atual código florestal, são imóveis rurais cuja ocupação antrópica se deu anterior a 22 de Julho de 2008. A lei ainda observa que nessas áreas será permitida a continuidade de atividades de ecoturismo, turismo rural e agrossilvipastoris. (BRASIL, 2012).

No entanto, não é permitido o uso total das APPs de rios que estiverem dentro dessas áreas, ou seja, há uma quantidade mínima de área a ser destinada à preservação nos imóveis rurais. As regras que determinam essa recuperação

estão relacionadas com a defesa do pequeno proprietário de terra, tendo esse a obrigação de recompor uma parcela da APP de acordo com o tamanho de sua propriedade, medido a partir do módulo fiscal e independente do tamanho do corpo hídrico (tabela 4) (BRASIL, 2012).

Tabela 4 - Faixas marginais de APP a serem recompensadas em áreas rurais consolidadas de acordo com o tamanho da propriedade.

Área do Imóvel (Módulos Fiscais)	Largura da Faixa Marginal a ser recomposta (m)
≤ 1	5
1 - 2	8
2 - 4	15
≥ 4	20 - 100

Fonte: Adaptado de Brasil (2012).

Já, no caso das nascentes inseridas em áreas rurais consolidadas, se faz obrigatória a recomposição da área no entorno da nascente com raio mínimo de quinze metros.

Por outro lado, as áreas urbanas consolidadas não têm como base referencial o decreto de 2008, sendo definidas através da Resolução CONAMA 302/2008 (BRASIL, 2008) e alterada pela Lei Nº 11.977 de 7 de julho de 2009 (BRASIL, 2009), como sendo área com densidade demográfica superior a cinqüenta habitantes por hectare, que possua malha viária e apresente pelo menos dois dos seguintes equipamentos de infra-estrutura urbana: drenagem pluvial, sistema de esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, distribuição de energia elétrica, limpeza urbana, coleta e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2009).

Assim, o atual código florestal determina que nesses casos não há obrigatoriedade de recomposição total da APP, entretanto, deverá ser mantida a faixa não edificável mínima de quinze metros de cada lado dos corpos d'água (BRASIL, 2012).

#### 3.1.3 Preservação de lagos

Enquanto o antigo código florestal utilizava as Resoluções CONAMA 302/2002 e 303/2002 (BRASIL, 2002a, 2002b) para regulamentar as APPs de lagos naturais e artificiais, o atual contempla todas as determinações no próprio texto da lei, apresentando diferenças substanciais.

Portanto, antes da análise dessas diferenças, deve-se entender o que são reservatórios naturais e artificiais. Lagos artificiais tratam-se de acumulações não naturais de água destinada a qualquer uso, originada de barramentos de cursos naturais ou não (BRASIL, 2002a, 2012)

Por outro lado, as APPs de lagos são as áreas marginais ao redor dos reservatórios, que possuem diferentes tamanhos de acordo com a natureza do corpo hídrico, dimensão e localização (Tabela 5 e Figura 4) (BRASIL, 2002a, 2012).

Tabela 5 - Extensão das faixas de APP em lagos e lagoas artificiais, segundo os códigos florestais de 1965 e de 2012.

Localização	Área	APP – Lei 4.771/65	APP – Lei 12.651/12
Zona Urbana	-	30m	30m
Zona Rural	< 20ha	50 m	50m
ZONA KUTAI	≥ 20 ha	100m	100m

Fonte: Adaptado de Brasil (2002a, 2012).

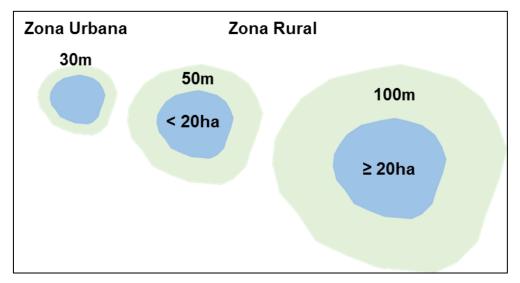


Figura 4 - APPs de lagos e lagoas naturais de acordo com o zoneamento e dimensões. Fonte: Adaptado de Brasil (2002a, 2012).

Nota-se que não há diferença do tamanho das áreas de proteção de lagos naturais entre as duas leis, ou seja, na zona urbana as faixas marginais serão de trinta metros, enquanto na zona rural serão de cinquenta metros para corpos com área menor que vinte hectares e de cem metros para os maiores.

Já, olhando para os lagos artificiais, existem diversas diferenças e singularidades nos dois direcionamentos. Assim, conforme pode ser observado na tabela 6 e na figura 5, a legislação anterior apresentava as áreas de proteção determinadas também pela finalidade do barramento, enquanto a atual

determina que a faixa de preservação deverá ser definida no licenciamento (BRASIL, 2002a, 2012).

Tabela 6 - Extensão das faixas de APP em lagos e lagoas naturais, segundo os códigos florestais de 1965 e de 2012.

Localização/ Finalidade	Área	APP – Lei 4.771/65	APP – Lei 12.651/12
Zona Urbana	=	30 m	
<b>Zona Rural</b> ≤ 20ha > 20 ha	≤ 20ha	15 m	Definida no
	> 20 ha	100 m	Licenciamento
Geração de Energia	≤ 10 ha	15 m	Licenciamento
	> 10 ha	Definida no Licenciamento	

Fonte: Adaptado de Brasil (2002a, 2012).

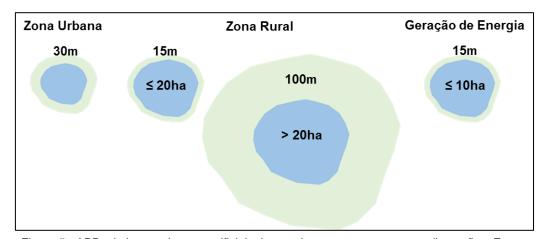


Figura 5 - APPs de lagos e lagoas artificiais de acordo com o zoneamento e dimensões. Fonte: Adaptado de Brasil (1965)

Olhando para o que é apresentado, nota-se que as condutas sobre a proteção de reservatórios artificiais são bastante distintas, sendo que a abertura proposta pelo atual código florestal ao permitir que a faixa de proteção seja definida pelo licenciamento, deve ser analisada para possível constatação de um retrocesso no que tange ao desempenho ambiental como um todo. Ou seja, não há como afirmar de forma contundente se nesse aspecto a lei atual apresenta-se mais permissiva do que a anterior.

#### 3.1.4 Preservação por altitude e declividade

O relevo apresenta-se determinante na caracterização e no potencial de degradação de qualquer meio, sendo de fundamental importância a definição das APPs associadas à declividade e à altitude.

Os textos das duas leis são bem claros sobre as APPs de altitude, estabelecendo que, qualquer que seja a vegetação, todas as áreas com altitude

acima de mil e oitocentos metros serão destinadas à proteção. (BRASIL, 1965, 2012).

Similar ao que foi definido sobre as APPs de altitude, as duas leis têm determinações idênticas para as áreas de declive a serem protegidas. Logo, em encostas ou em parte destas, todas as áreas que se apresentarem com 45° ou mais de declividade serão APPs, como pode ser observado na figura 6 (BRASIL, 1965, 2012).

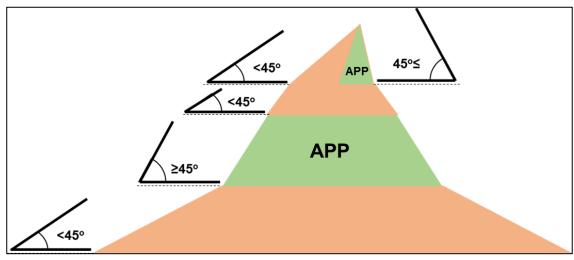


Figura 6 - Disposição das APPs nas encostas de acordo com a as linhas de declive. Fonte: Adaptado de Brasil (1965) e Brasil (2012).

#### 3.1.5 Preservação de topo de morro

A proteção de áreas elevadas se dá pela alocação de APPs no terço superior das elevações classificadas como morros ou montanhas. As definições dessas configurações de relevo estão presentes na Resolução CONAMA 303/2002 (BRASIL 2002b), no caso do antigo código, e no próprio texto da Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), que estabelece o atual código florestal.

Quanto aos critérios de classificação, o antigo código determina que os morros são elevações com altura entre 50 e 300 metros, cuja declividade de encosta seja superior a trinta por cento (aproximadamente 17º), na linha de maior declive, enquanto as montanhas devem ter altura superior a 300 metros (figura 7) (BRASIL, 2002b).

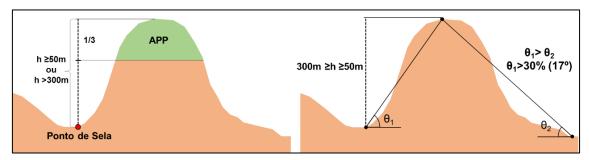


Figura 7 - Critérios de altura e declividade para classificação de morros e montanhas e alocação de APP de topo de morro, conforme definido pelo antigo código florestal. Fonte: Adaptado de Brasil (2002b).

Por outro lado, o atual código florestal não traz definição sobre montanhas e classifica os morros como elevações superiores a 100 metros, cuja declividade média seja superior a 25º (figura 8) (BRASIL, 2012).

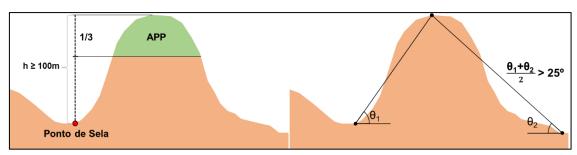


Figura 8 - Critérios de altura e declividade para classificação de morros e alocação de APP de topo de morro, conforme definido pelo atual código florestal. Fonte: Adaptado de Brasil (2012).

Para o cálculo da altura e declividade de cada elevação é preciso estabelecer o ponto de mínimo ao seu redor. A duas legislações definem que no caso dos relevos ondulados esse referencial é o ponto de sela. Porém, enquanto o antigo código define que o ponto de sela utilizado no cálculo é o de cota mínima ao redor da elevação, o atual código estabelece que a referência seja dada pela depressão que estiver mais próxima do cume (figura 9) (BRASIL, 2002b, 2012).

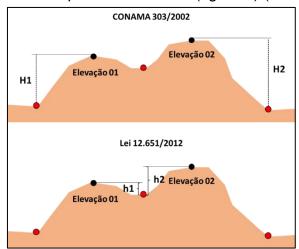


Figura 9 – Definição dos pontos de sela a serem usados como referência de cálculo e classificação das elevações, segundo o antigo e o novo código florestal.

Fonte: Adaptado de Brasil (2002b).

Outro aspecto apresentado pelo antigo código que não é contemplado no atual é o agrupamento das elevações. Ou seja, serão agrupados morros ou montanhas cujos cumes estiverem separados por até 500 metros de distância. Nesse caso, a APP será determinada pela curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base da elevação mais baixa (figura 10) (BRASIL, 2002b).

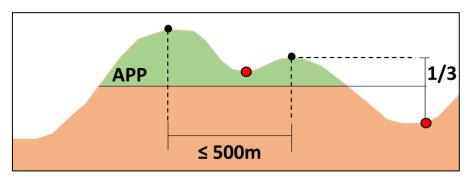


Figura 10 - Agrupamento de morros ou montanhas cujos cumes estão separados por até 500 metros e cota da APP gerada a partir da elevação mais baixa. Fonte: Adaptado de Brasil (2002b).

Observando todas essas diferenças quanto às definições e critérios para preservação das áreas elevadas, pode-se notar que há um grande potencial de diminuição de APPs de topo de morro. Tal observação pode ser confirmada pelo estudo realizado por Francelino e Silva (2014), onde, após a aplicação do atual código florestal em uma bacia hidrográfica do estado do Rio de Janeiro, restaram apenas 1,5% das APPs de topo de morro identificadas pelos critérios da legislação anterior. Esse efeito potencializa a afirmação de que o atual Código Florestal pode promover maior degradação ambiental em diversas frentes, pois conforme destacado por Tambosi et al (2015), os topos dos morros são de fundamental importância nas funções eco-hidrológicas do meio ambiente.

#### 3.2 Água no Solo

Considerando a precipitação em forma de chuva como elemento fundamental no abastecimento de rios, lagos e de reservatórios subterrâneos, é necessário compreender de que forma essa água pode alcançar os diferentes corpos ou reservatórios.

A fase terrestre do ciclo hidrológico tem como elemento fundamental de análise a bacia hidrográfica. Constituindo-se de uma área de captação natural de água, a bacia hidrográfica converge os escoamentos para um único ponto de saída, o chamado exutório. É composta por um conjunto de vertentes e de uma

rede de drenagem, formadas por cursos d'água, que confluem até resultar em um único leito no exutório e é delimitada pelos interflúvios (figura 11) (TUCCI, 2012).

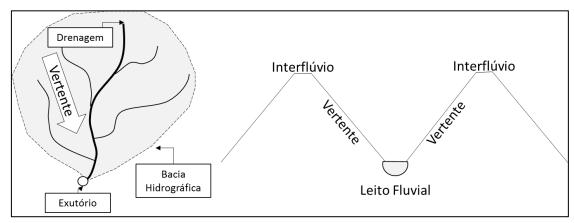


Figura 11 - Ilustração das drenagens, vertentes, interflúvios e exutório, que compõem uma bacia hidrográfica. Fonte: adaptado de Tucci (2012).

A partir do momento em que atinge o solo, parte da água da chuva pode retornar à atmosfera pelo processo de evapotranspiração, devido à ação da radiação solar, e pela transpiração das plantas. A parcela restante pode transformar-se em escoamento ou deflúvio superficial, ou pode sofrer o processo de infiltração (figura 12) (BERNARDO; SOARES; MONTOVANI, 2006; TUCCI, 2012).

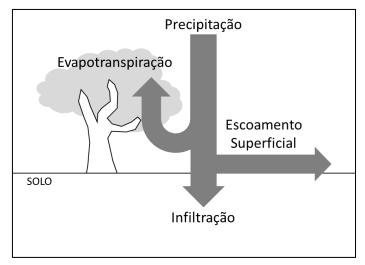


Figura 12 - Relação dos processos hidrológicos que ocorrem a partir da precipitação em forma de chuva. Fonte: adaptado de Tucci (2012).

A evapotranspiração pode ser definida como o total de água que se torna disponível à atmosfera, a partir do processo de evaporação e de transpiração das plantas, cujo volume evapotranspirado depende da vegetação, do solo e do clima (BERNARDO; SOARES; MONTOVANI, 2006).

O processo é composto pela evaporação da água depositada nas folhas e no solo e a transpiração vegetal. A taxa de evaporação no solo está relacionada diretamente com a energia solar que atinge a superfície e decresce de acordo com a profundidade (BERNARDO; SOARES; MONTOVANI, 2006).

Em estudo realizado por Gava et al. (2013), observou-se que ao cobrir o solo com palhas de trigo em diferentes quantidades, a diminuição do volume de água evaporado, em relação ao solo descoberto, foi de até 25%. As palhas serviram como atenuantes da quantidade de energia solar que atingia o solo e, consequentemente, contribuíram para a diminuição da temperatura superficial do mesmo.

Entretanto, a evapotranspiração pode ter papel fundamental na reciclagem da precipitação em determinadas regiões, conforme demonstrado no estudo de Rocha et al. (2017), onde aproximadamente 20% da precipitação de toda a bacia amazônica mostrou-se decorrente da evapotranspiração local.

A presença de cobertura vegetal no solo na ocorrência de uma precipitação faz com que uma fração da água da chuva seja retida acima da superfície, processo chamado de interceptação vegetal (TUCCI, 2012).

Além de favorecer à evaporação da água, a interceptação vegetal pode diminuir a velocidade do escoamento superficial, contribuir para maior infiltração e melhorar a regularidade da vazão (RODRIGUES et al., 2015).

Antes de olhar para o balanço entre o volume de água infiltrado no solo e do drenado pelos córregos e rios, é necessário analisar de forma mais detalhada como a interceptação vegetal é capaz de alterar as condições de permanência e disponibilidade de água em uma bacia hidrográfica (CLEARLY, 2007).

A chamada precipitação efetiva, ou seja, aquela que atinge o solo, é fruto do somatório da precipitação interna e do volume escoado pelos troncos (Figura 13) (TUCCI, 2012).

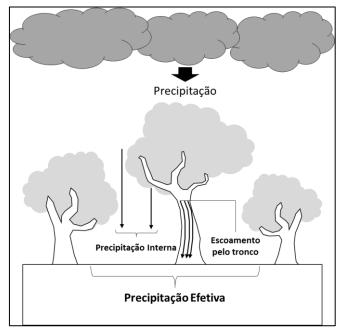


Figura 13 - Chegada da água ao solo a partir do processo de interceptação vegetal. Fonte: adaptado de Tucci (2012).

A variação entre a precipitação que chega ao dossel das árvores e a que atinge o solo pode ser significativa, como mostrado por Oliveira et al. (2008), cuja análise do fenômeno na floresta amazônica evidenciou uma taxa de 21,5% de interceptação. Os autores ainda destacam que apesar de pequeno, cerca de 1,7%, os escoamentos nos troncos são muito importantes no período de seca, servindo como mecanismo de auto alimentação de água no solo.

As taxas de interceptação podem variar conforme o tipo de precipitação, intensidade de vento e vegetação (TUCCI, 2012). Diante disso, Tonello et al. (2014) mostraram que a interceptação pode ser 22,8% em regiões de mata e de 13,8% em cultivos de eucalipto. Por outro lado, o estágio de regeneração que uma floresta apresenta dentro da mesma área pode ser determinante no processo de interceptação, como mostrado por Togashi, Montezuma e Leite (2012), cujas taxas foram de 11% na borda da mata e de 6% e 25% em regiões com mata em estágio inicial e avançado de recuperação, respectivamente.

Conforme observado por Thomaz e Antoneli (2015), a taxa de interceptação varia de acordo com o volume de água precipitado, sendo inversamente proporcional a esse. Os autores encontraram valores de interceptação de cerca de 56% para chuvas menores e iguais a 2,5 mm e de 3,7% para as que ultrapassaram 50 mm.

Pode-se notar que o fenômeno possui importância significativa dentro de uma bacia hidrográfica, mostrando ser fundamental para a análise da dinâmica dos processos que ocorrem no ciclo hidrológico, podendo ser determinante na qualidade de vida das populações locais, conforme destacado por Togashi, Montezuma e Leite (2012) e Pereira, Valcarcel e Barbosa (2016).

A passagem da água da superfície para o interior do solo altera o perfil de umidade do mesmo, que se apresenta mais úmido nas camadas superficiais e, havendo aporte de água, tende a saturação em toda a profundidade. Entretanto, quando não há mais água disponível, a umidade do solo se redistribui, invertendo o perfil de umidade inicial, ou seja, devido à evaporação e pela maior exposição da superfície frente à radiação solar e à temperatura atmosférica, as camadas mais superficiais tendem a apresentar menores teores de umidade, enquanto nas mais profundas é possível encontrar uma zona de saturação (figura 14) (TUCCI, 2012).

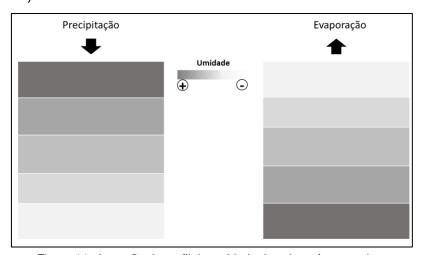


Figura 14 - Inversão do perfil de umidade do solo após cessada a precipitação. Fonte: adaptado de Tucci (2012).

De maneira geral, durante um evento de chuva, a capacidade de infiltração decresce de acordo com o aumento da umidade do solo, podendo ser menor que a precipitação, o que acaba por contribuir para formação de filetes que escoam superficialmente para áreas mais baixas, podendo infiltrar novamente, ou gerar os escoamentos superficiais (TUCCI, 2012).

Entretanto, a diminuição da velocidade de infiltração se dá de maneira gradativa até atingir um valor quase constante, a velocidade de infiltração básica, chamada também de condutividade hidráulica saturada (Kfs) (figura 15) (TOGASHI; MONTEZUMA; LEITE, 2012).

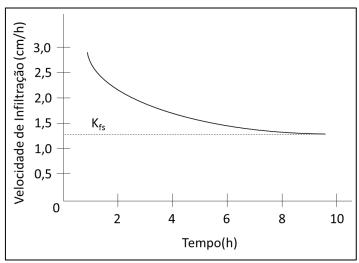


Figura 15 - Curva característica da variação da velocidade de infiltração com o tempo, destaque para a assíntota que representa a condutividade hidráulica saturada. Fonte: Adaptado de Togashi, Montezuma e Leite (2012)

Conhecendo a condutividade hidráulica saturada, é possível classificar a permeabilidade do solo segundo a classificação sugerida por USDA (2017) (tabela 7).

Tabela 7 - Classificação da permeabilidade do solo de acordo com a condutividade hidráulica saturada.

Classe	K <sub>fs</sub> (mm/h)	
Muito Rápida	≥ 360	
Rápida	36 - 360	
Moderadamente Rápida	3,6 - 36	
Moderadamente Lenta	0,36 - 3,6	
Lenta	0,036 - 0,36	
Muito Lenta	< 0,036	

Fonte: adaptado de USDA (2017).

Como diversos estudos sugerem, os valores de K<sub>fs</sub> estão relacionados principalmente à porosidade do solo e, consequentemente, ao uso e ocupação do mesmo. Dec et al. (2017) mostraram que a maior porosidade garante ao solo maior capacidade de armazenamento de água e a mudança do uso e ocupação pode alterar esse cenário, diminuindo a quantidade de macroporos e a permeabilidade, o que pode ser notado de maneira mais significativa nas camadas superiores do solo.

Pinto et al. (2018) confirmaram essa relação, mostrando que a permeabilidade e a porosidade foram maiores na área de floresta, comparada com a pastagem, destacando ainda a importância desse uso na manutenção da recarga e armazenamento de águas subterrâneas.

Por outro lado, Marques et al. (2008) concluíram que as propriedades físicas do solo e a posição no relevo foram mais relevantes na condutividade hidráulica do que o uso e ocupação do solo.

Nesse sentido, Tucci (2012) relaciona a permeabilidade com a textura do solo, mostrando que solos arenosos tendem a saturar com teor de umidade menor, porém apresentam condutividade hidráulica saturada maior, se comparados aos argilosos. A principal justificativa está relacionada ao tamanho dos poros presentes no solo, mostrando que a vazão é proporcional à quarta potência dos canalículos, sendo necessário, por exemplo, 10000 capilares de 0,01mm de diâmetro, para igualar a vazão de um com diâmetro de 0,1mm.

Assim, se faz necessário entender os efeitos do uso e ocupação nas propriedades físicas do solo que se relacionam com a infiltração e avaliar como a sua variabilidade espacial se dá em campo.

A macroflora exerce função fundamental na dinâmica dos processos que ocorrem na superfície e no interior dos solos. Conforme observado por Oliveira (2008), as ações promovidas pela cobertura vegetal podem ser de ordem passiva, atenuando a agressividade climática, e ativa, por meio de processos fisiológicos e adição de matéria orgânica.

Considerando o papel que a cobertura vegetal exerce sobre às atenuações, é de fundamental importância notar que a proteção não se dá somente por meio do equilíbrio entre a evaporação e a disponibilidade de água na superfície do solo, mas também pela diminuição da erosividade da chuva. Por outro lado, o aumento no teor de matéria orgânica do substrato promove uma série de consequências que podem alterar substancialmente os atributos físico-químicos do horizonte superficial (OLIVEIRA, 2008)

Sabe-se que a matéria orgânica age na aglutinação de partículas primárias que compõem o material mineral do solo (areia, silte e argila), formando agregados que contribuirão para o aumento da porosidade total e da capacidade de armazenamento e retenção de água. Entretanto, todos efeitos apresentados dependem do uso e forma de ocupação do solo (SANTOS et al., 2016).

Em estudo realizado por Mendonça et al. (2009), constatou-se a relação direta entre teor de matéria orgânica e a capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo. Logo, os autores comprovaram que mesmo no

período seco, solos em áreas de vegetação preservada possuem umidade superior aos de áreas antropizadas em período chuvoso.

Contextualizando essa relação, Vanzela, Hernandez e Franco (2010) mostraram que dentro de uma bacia hidrográfica, diferentes formas de ocupação promovem alteração de parâmetros qualitativos e quantitativos da disponibilidade hídrica. Os autores encontraram nas áreas de mata os melhores resultados que, segundo eles, ocorrem devido à maior cobertura e proteção proporcionada, refletindo em maior taxa de infiltração e tempo de caminhamento da água até os mananciais.

Alvarenga et al. (2012) observaram a relação direta entre a cobertura vegetal e a "produção de água" em uma determinada bacia. Os autores, cuja análise foi baseada na criação de um índice de qualidade do solo associado à recarga de água subterrânea, mostram que a influência da cobertura vegetal pode ser superior às características pedológicas. Ou seja, os melhores resultados com relação à recarga, foram obtidos em solos cujos atributos físicos eram menos favoráveis à infiltração, porém ocupados por mata nativa.

Por outro lado, Rodrigues et al. (2013) mostraram que a relação diretamente proporcional entre conservação da vegetação nativa e capacidade de infiltração pode depender do bioma local. Em estudo realizado na Caatinga, os autores compararam o escoamento superficial de uma bacia com vegetação inexplorada por 30 anos e outra que passou pelo manejo de raleamento (eliminação de espécies vegetais com diâmetro menor que dez centímetros). Enquanto o escoamento manteve-se constante na região preservada, nas áreas raleadas diminuiu ao longo do tempo, devido ao crescimento das herbáceas. Ao final do período de análise, o escoamento superficial na área raleada apresentou-se inferior ao da região preservada, ou seja, os autores puderam concluir que a vegetação de herbáceas influenciou na retenção de água, aumentando a infiltração e diminuindo o escoamento superficial.

Os solos podem variar em escala continental ou local de acordo com diversas características ambientais climatológicas e temporais. Tal fato pode tornar muito complexo estabelecer generalizações sobre o comportamento do solo e suas variáveis físicas e químicas em uma área (RESENDE et al., 2007). A manifestação dessa variabilidade pode ser apresentada em uma escala de poucos metros e de maneira tridimensional, como pode ser notado no perfil apresentado na figura 16.



Figura 16 - Perfil de solo localizado no município de Delfim Moreira, cuja variabilidade espacial da cor do solo se dá em escala de metros. Fonte: autor.

Por se tratar de um dos fatores de formação dos solos, o relevo pode ter papel fundamental na variabilidade do solo. Sua influência nesse processo está ligada principalmente ao clima do solo e à dinâmica de água dentro mesmo. Ou seja, de acordo com o relevo local, o solo pode estar mais exposto à radiação solar, refletindo na sua temperatura, umidade, teor de matéria orgânica, entre outros fatores e, devido à topografia, pode haver um favorecimento do escoamento de água, com relação à infiltração da mesma, contribuindo para o processo de sedimentação (OLIVEIRA, 2008).

Campos et al. (2010) observaram o efeito desse processo em uma topossequência no estado do Amazonas. Após a análise dos atributos do solo em diferentes pontos de uma vertente, notaram que a variação do relevo favoreceu a presença de solos distróficos no topo e eutróficos no sopé. O que foi justificado pelos autores como sendo reflexo do ambiente geomórfico de deposição de materiais, oriundos das áreas adjacentes, nas áreas mais baixas da vertente.

Outro efeito, que está relacionado com a hidrologia e translocação vertical e oblíqua de componentes no solo, é a variação de cor ao longo das vertentes, o que pode indicar áreas com deficiência na drenagem. Nesse sentido, solos

vermelhos são encontrados nas partes mais elevadas, seguidos por solos brunados e solos acinzentados (figura 17) (OLIVEIRA, 2008).

A cor do solo é determinada pela relação entre os óxidos de ferro hematita e goethita, sendo a formação de hematita condicionada à presença de Fe<sup>3+</sup>. Além da influência do material de origem, condições de redução podem contribuir para a diminuição na concentração desse elemento, tornando o solo amarelado, o que pode indicar drenagem deficiente e acúmulo de água (RESENDE et al., 2007).

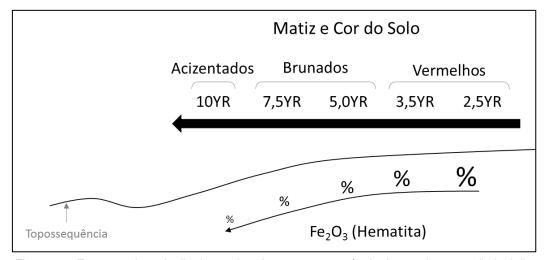


Figura 17 - Esquema da variação da cor do solo em topossequência de acordo com a diminuição do teor de hematita. Fonte: adaptado de Oliveira (2008)

Santos et al. (2016) compararam o comportamento da variabilidade dos atributos do solo em duas pedoformas adjacentes, com curvatura côncava e convexa. Uma das evidências do trabalho foi que os padrões de distribuição foram diferentes para as duas formas de relevo, porém, tanto a densidade aparente, quanto a quantidade de sedimentos aumentaram da ombreira para o sopé de ambas.

Guimarães et al. (2016) analisaram a manifestação da variabilidade de três solos sob o uso de pastagem usados na criação de bovinos. Tanto a área de Latossolo, quanto a de Argissolo e Cambissolo mostraram dependência espacial da condutividade hidráulica saturada e densidade do solo, embora a condutividade tenha se mostrado mais homogênea no Latossolo.

Assim, nota-se a importância de avaliar o solo como corpo, que é resultado de um somatório de componentes ambientais, que podem se apresentar de maneira distinta até mesmo em solos da mesma classe. Sendo

fundamental avaliar as expressões dessas componentes em campo, para que as conclusões sejam feitas sob perspectivas contundentes e factuais.

## 4. Características do Município de Itajubá

O município de Itajubá possui cerca de noventa e sete mil habitantes, tendo sua população majoritariamente urbana (91%) cuja ocupação corresponde a apenas 24% da área total do município (IBGE, 2010; IBGE, 2006; ITAJUBÁ, 2013).

Por outro lado, Itajubá possui pequena ocupação nas propriedades agropecuárias, representando menos de 0,01% dos quase 220 mil quilômetros quadrados da área rural da cidade, cuja divisão da ocupação e uso do solo desses empreendimentos pode ser observada na tabela 8.

Tabela 8 - Cenário do uso e ocupação das terras dos estabelecimentos agropecuários.

Uso e Ocupação do Solo nas Propriedades Agropecuárias		
Tipo de Uso	Área (ha)	%
Lavouras	1883	11.37%
Pastagens	12707	76.73%
Matas e Florestas	946	5.71%
Sistemas Agroflorestais	17	0.10%
Lagos e Açudes	19	0.11%
Edificações	815	4.92%
Terras Degradadas	19	0.11%
Terras Inaproveitáveis	155	0.94%
Total	16561	100%

Fonte: Fonte: Adaptado de IBGE (2006).

## 3.2.1 Relevo e Hidrografia

O relevo predominante no município, segundo as classes propostas pela Embrapa (EMBRAPA, 1979), é o forte ondulado (48,4%), seguido do ondulado (19,0%) e do montanhoso (18,6%) (tabela 9 e figura 18).

Tabela 9 - Intervalos de declividade propostos pela classificação da Embrapa (1979) e composição do relevo de Itajubá, segundo a mesma.

Classe de Relevo (EMBRAPA, 1979)	Declividade (%)	Relevo de Itajubá
Plano	0 - 3	5,6 %
Suave ondulado	3 – 8	7,0 %
Ondulado	8 – 20	19,0 %
Forte ondulado	20 – 45	48,4%
Montanhoso	45 <del>-</del> 75	18,6 %
Escarpado	> 75	1,4 %

Fonte: Embrapa (1979)

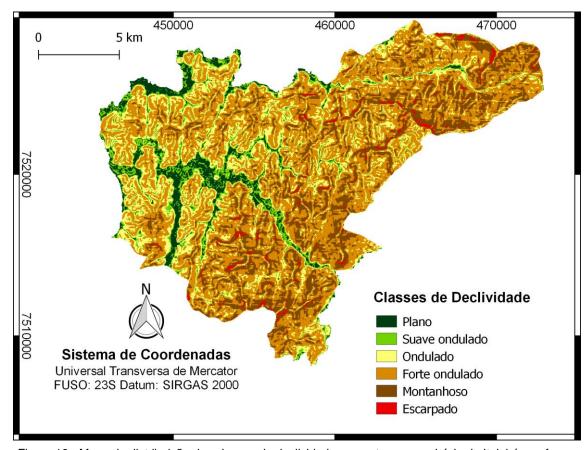


Figura 18 - Mapa da distribuição das classes de declividade presentes no município de Itajubá, conforme classificação proposta pela Embrapa (1979).

As áreas mais planas estão próximas aos rios e ribeirões que compõem a hidrografia do município, sendo os principais: rios Sapucaí e Lourenço Velho e os ribeirões Anhumas, José Pereira e Piranguçu, cujas áreas de drenagem estão representadas na figura 19.

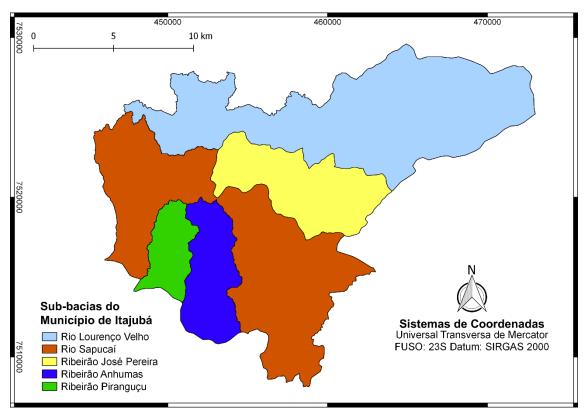


Figura 19 - Distribuição das áreas de drenagem dos principais corpos hídricos de Itajubá.

## 3.2.2 Pedologia

Segundo o mapeamento realizado pela Universidade Federal de Viçosa - UFV, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, Universidade Federal de Lavras e Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM (UFV *et al.*, 2010), existem três unidades de mapeamento no município de Itajubá (figura 20), identificadas como:

PVAd1: ARGISSOLO VERMELHO – AMARELO distrófico típico, sob A fraco e A moderado.

PVAd2: ARGISSOLO VERMELHO – AMARELO distrófico típico, sob A moderado.

PVAd8: ARGISSOLO VERMELHO – AMARELO distrófico típico, sob A moderado / LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO distrófico típico, sob A moderado / CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico, sob A moderado.

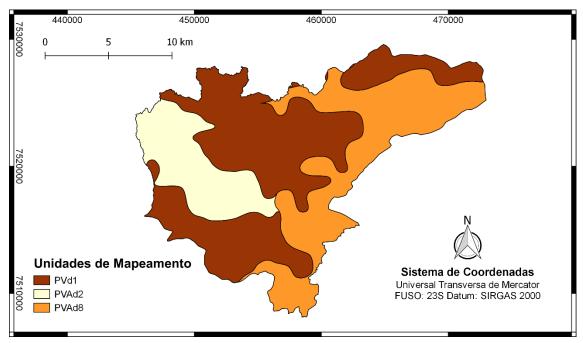


Figura 20 - Distribuição das Unidades de Mapeamento presentes no município de Itajubá, segundo mapa de solos de Minas Gerais, publicado em 2010. Fonte: adaptado de UFV et al., 2010.

A classificação das unidades se deu pelo uso dos critérios estabelecidos pela terceira edição do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2013), sendo importante compreender as características de cada classe de solo encontrada.

Argissolos: conforme a definição do SiBCS (EMBRAPA, 2013), essa classe de solo tem como principal característica a presença de um horizonte B textural logo abaixo de um horizonte A ou E. Portanto, há um significativo aumento no teor de argila entre os horizontes suprajacentes e o B, o que pode, segundo Oliveira (2008), conferir limitações moderadas a fortes quanto à erosão. O autor ainda afirma que depois dos LATOSSOLOS essa é a classe de solo com maior ocorrência no Brasil e abrange uma vasta variação de solo, podendo ser eutrófico, distrófico, raso a muito profundo, abrupto ou não, entre outras características que dificultam recomendações generalizadas para os solos dessa ordem.

Latossolos: segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2013), a classe é definida pela presença de horizonte B latossólico logo abaixo de qualquer horizonte, exceto o hístico. São solos em estágio avançado de intemperismo, cujos minerais primários e secundários menos resistentes ao intemperismo estão ausentes. Ocupam a maior parte do território brasileiro e seu comportamento pode variar,

mas geralmente são solos com boa drenagem, profundos e, se bem manejados, excelentes para o uso agrícola (OLIVEIRA, 2008).

**Cambissolos:** solos com horizonte B incipiente sob qualquer horizonte superficial, que não satisfaçam os requisitos que os possam classificar em Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos ou Organossolos (EMBRAPA, 2013).

Caracterizados por um horizonte que sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, em geral os solos dessa classe apresentam teores relativamente elevados de minerais facilmente intemperizáveis e ocorrem em todas as classes de relevo, desde plano, até os escarpados.

## 3.2.3 Demandas de água e outorgas

Através da análise de informações fornecidas pelo Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos - SNIRH (ANA, 2016) e pelo Sistema Integrado de Informações Ambientais - SIAM (SEMAD, 2018), foram identificadas 53 outorgas de uso de recursos hídricos válidas no município de Itajubá. Entretanto, enquanto 48 dessas são licenciadas pela Agência Nacional de Águas – ANA, apenas cinco estão sob controle da Superintendência Regional de Regularização Ambiental do Sul de Minas Gerais – SUPRAM.

Do total de 37 outorgas de captação de água licenciadas no município, apenas três são de captação de água subterrânea, somando apenas 0,25% do volume total captado. Vale ressaltar que essa contribuição pode ser maior considerando os usos classificados como insignificantes, cujos dados estão indisponíveis, representados por aqueles que não ultrapassam o limite de 10 m³/dia de captação de água, desde que essa seja realizada por meio de poços manuais, conforme estabelecido pela Deliberação Normativa nº 09 de 2004, emitida pelo do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH (CERH, 2004).

No município, são captados 10,80 milhões de metros cúbicos de água por ano e são lançados nos corpos hídricos 10,13 milhões. O maior volume captado é representado pelo uso da água no abastecimento público (82,0 %) e a maior parcela do lançamento é originada pelo esgotamento sanitário (91,5 %) (figuras 21 e 22).

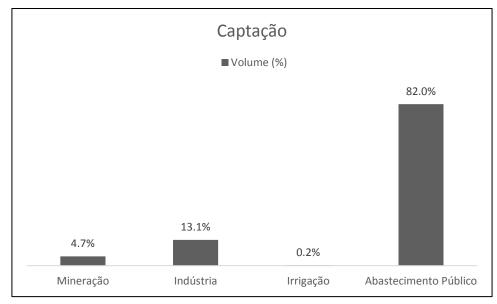


Figura 21 - Contribuição dos diferentes usos no volume total de água captado no município de Itajubá. Fonte: adaptado de ANA (2016) e SEMAD (2018).

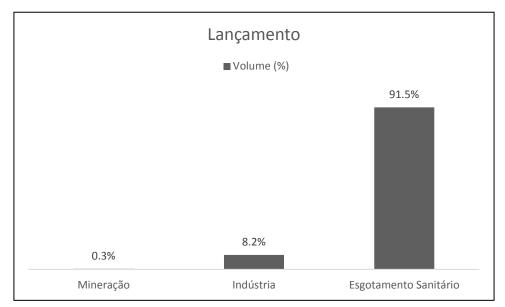


Figura 22 - Contribuição dos diferentes usos no volume total dos lançamentos de água outorgados no município de Itajubá. Fonte: adaptado de ANA (2016) e SEMAD (2018).

Conforme os dados apresentados pelo SNIRH (ANA, 2016) e pelo SIAM (SEMAD, 2018), as captações e lançamentos outorgados no município de Itajubá estão apresentados na figura 23.

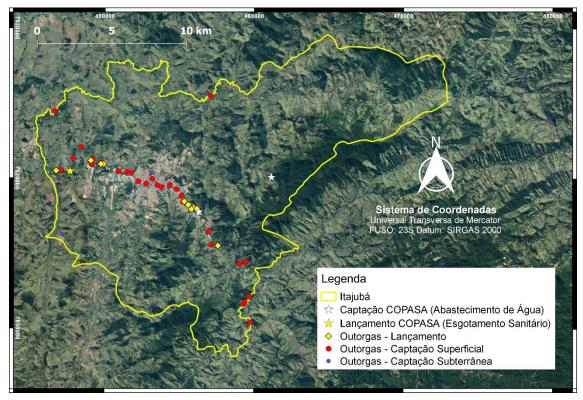


Figura 23 - Disposição dos pontos de captação e lançamento outorgados dentro do município de Itajubá. Fonte: Adaptado de ANA (2016) e SEMAD (2018)

## 3.2.4 Abastecimento Público e Esgotamento Sanitário

Conforme observado na figura 24, no abastecimento, a água é captada no Rio Sapucaí e em um córrego na Serra dos Toledos, passando por uma Estação de Tratamento de Água – ETA até ser distribuída para o município. Já, o esgoto é coletado, passa por uma Estação de Tratamento de Esgoto – ETE e é lançado no Rio Sapucaí à jusante da captação. Nota-se também a importância da bacia do Ribeirão José Pereira no sistema, já que cerca de 12% da água captada tem origem em um dos cursos d'água que a formam (ANA, 2010, 2017a).

Segundo as informações do Atlas do Abastecimento Urbano (ANA, 2010) e do Atlas esgotos (ANA, 2017a), a empresa responsável pelo abastecimento público de água e pelo tratamento do esgoto em Itajubá é a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. Conforme publicado pela ANA (2010, 2017), o abastecimento apresentava-se satisfatório em 2015 e cerca de 92 % do esgoto do município era coletado e tratado até 2013.

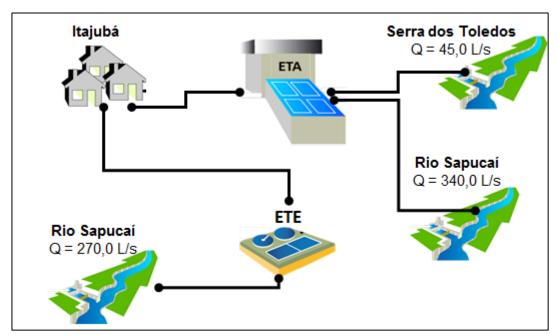


Figura 24 - Croqui do sistema de abastecimento público e do esgotamento sanitário do município de Itajubá. Fonte: ANA (2010, 2017a)

# 3. Metodologia

O trabalho foi realizado por meio de atividades de escritório e de campo. A área de estudo foi avaliada e analisada a partir da construção dos mapas de hipsometria, declividade do uso e ocupação do solo e da delimitação das APPs. A partir da compilação dessas informações, foi realizada a etapa de verdade terrestre, onde buscou-se corrigir e confirmar os resultados da classificação do uso e ocupação da bacia. A segunda etapa de campo se deu pela realização dos ensaios de infiltração, cujos pontos foram selecionados em função das informações obtidas nas etapas anteriores e que os resultados foram utilizados para estimar as possíveis alterações na infiltração do solo na bacia do Ribeirão José Pereira (figura 25).

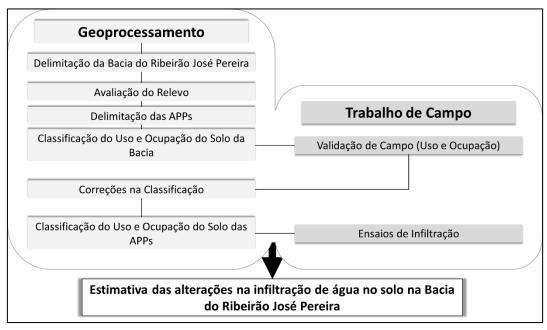


Figura 25 - Fluxograma do desenvolvimento metodológico utilizado.

### 4.1. Área de Estudo

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão José Pereira se localiza no município de Itajubá, que pertence à região sul do estado de Minas Gerais (figura 26), ela faz parte da bacia do Rio Sapucaí (figura 27), que abriga aproximadamente 620 mil habitantes, distribuídos nos 48 municípios que compõem os 8882 km² de sua área de drenagem. O Rio Sapucaí nasce no município de Campos do Jordão - SP, a uma altitude de 1650 metros, e, após atravessar 34 km dentro do estado de São Paulo e 309 km de Minas Gerais, deságua no Lago de Furnas, a uma

altitude de 780 m (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAPUCAÍ, 2015).

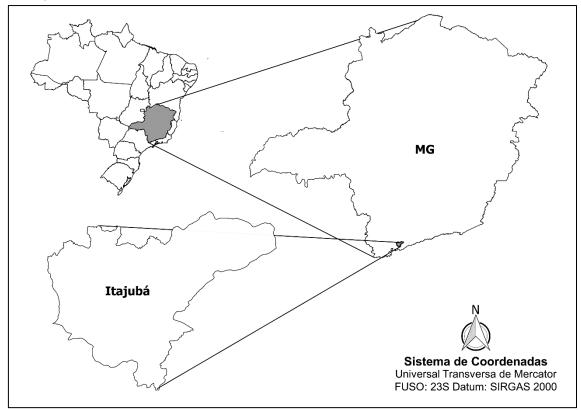


Figura 26 - Localização do Município de Itajubá.

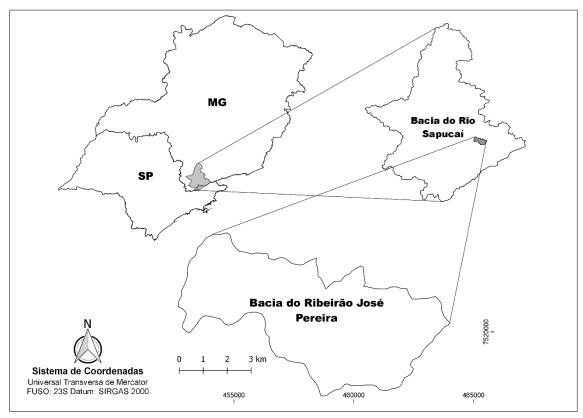


Figura 27 - Localização da bacia do Ribeirão José Pereira na bacia do Rio Sapucaí.

A bacia do Ribeirão José Pereira possui 3975,48ha de área total, sendo 7% em perímetro urbano e corresponde a 13,70% da área total do município (figura 28).

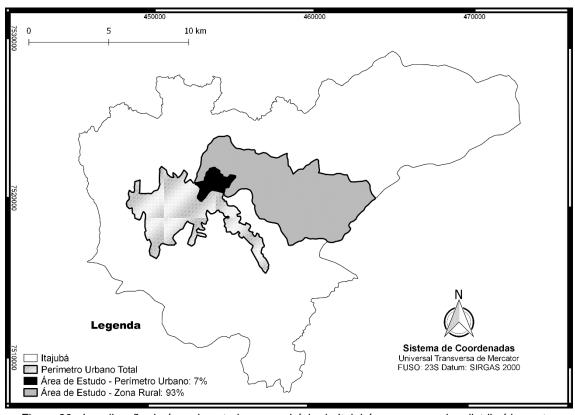


Figura 28 - Localização da área de estudo no município de Itajubá e suas parcelas distribuídas entre perímetro urbano e zona rural.

A área de estudo abriga cerca de 55% da área total da Reserva Biológica da Serra dos Toledos (figura 29). Essa reserva municipal de proteção integral foi criada pela Lei nº 1211 de 05 de junho de 1979 (ITAJUBÁ, 1979) denominada então como "Reserva de Preservação Permanente Serra dos Toledos" e teve seu nome alterado após a publicação da Lei nº 2088 de 3 de setembro de 1996 (ITAJUBÁ, 1996). O objetivo da reserva é a preservação integral de todos os atributos naturais existentes em seu limite, sendo permitido apenas o uso indireto desses, ou seja, não envolvendo consumo, coleta, dano ou destruição desses recursos, conforme estabelecido pela Lei nº 9985 de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (BRASIL, 2000).

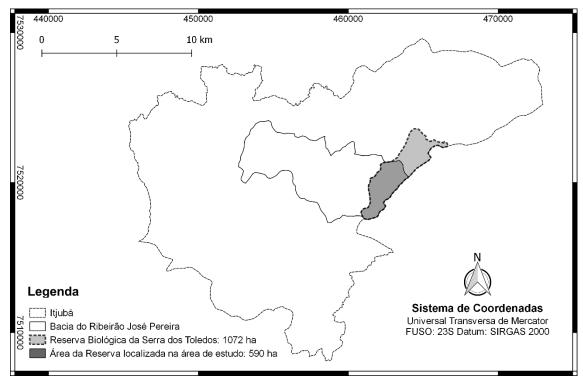


Figura 29 - Localização e disposição da Reserva Biológica da Serra dos Toledos dentro da área de estudo e do município de Itajubá.

# 4.2. Análises de geoprocessamento

Para realização das análises de geoprocessamento foram utilizados dois softwares de Sistema de Informação Geográfica – SIG, sendo eles Google Earth Pro (GOOGLE INC, 2017) e QGis versão 2.18.2 (SHERMAN et al., 2016). Os arquivos vetoriais utilizados nos recortes foram os limites municipais, estaduais e o do zoneamento urbano da cidade de Itajubá, os quais foram obtidos do IBGE e do Plano Diretor de Desenvolvimento de Itajubá (ITAJUBÁ, 2013) e o arquivo com a hidrografia foi obtido através do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM (IGAM, 2014).

O arquivo matricial utilizado foi folha de prefixo 22S465 do projeto Topodata desenvolvido pelo INPE (INPE, 2008), cuja elaboração se deu a partir do refinamento dos dados *Shuttle Radar Topographic Mission* – SRTM disponibilizados pelo United States Geological Survey – USGS, onde a resolução espacial passou de 90 metros, para 30 metros (INPE, 2008).

As imagens utilizadas foram produzidas pelo landsat 8 e obtidas através do catálogo de imagens do INPE (INPE, 2016) e pelo *software* do Google Earth Pro (GOOGLE INC, 2017), cujas datas de captura são dos dias 07/12/2016 e 05/12/2016, respectivamente.

O mapa de solos utilizado foi produzido por Lima (2012), cujas classes de solo estão divididas e distribuídas na bacia conforme a tabela 10 e a figura 30.

Tabela 10 - Divisão das classes de solo presentes na Bacia do Ribeirão José Pereira.

Classes de Solo	Área (%)	
Perímetro Urbano	5%	
Cambissolo	26%	
Gleissolo	7%	
Latossolo Vermelho	4%	
Latossolo Vermelho-amarelo	2%	
Argissolo Vermelho	26%	
Argissolo Vermelho-amarelo	29%	
Ft Adtd- 1: (0040)		

Fonte: Adaptado de Lima (2012).

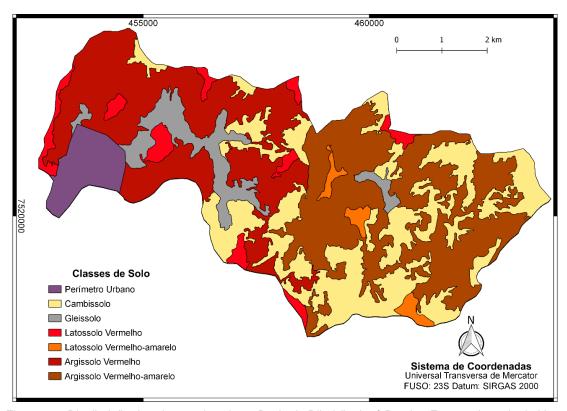


Figura 30 - Distribuição das classes de solo na Bacia do Ribeirão José Pereira. Fonte: adaptado de Lima (2012).

## 4.2.1. Avaliação do Relevo

Para a descrever o relevo, a bacia foi dividida conforme as classes de declividade estabelecidas pela Embrapa (EMBRAPA, 1979) e as elevações descritas por meio do mapa hipsométrico (figuras 31 e 32). A bacia apresenta áreas com declividade entre 0,00 (0,00°) e 113,14% (47,00°) e altitudes mínima e máxima de 846 e 1771 metros, respectivamente.

Tabela 11 - Divisão da declividade da área de estudo, segundo as classes definidas pela Embrapa (EMBRAPA, 1979)

Declividade da Área de Estudo		
Classes	Área (%)	
Plano (0 – 3%)	2,5	
Suave ondulado (3 – 8%)	6,1	
Ondulado (8 – 20%)	21,1	
Forte ondulado (20 – 45%)	52,1	
Montanhoso (45 – 75%)	17,4	
Escarpado (>75%)	0,7	

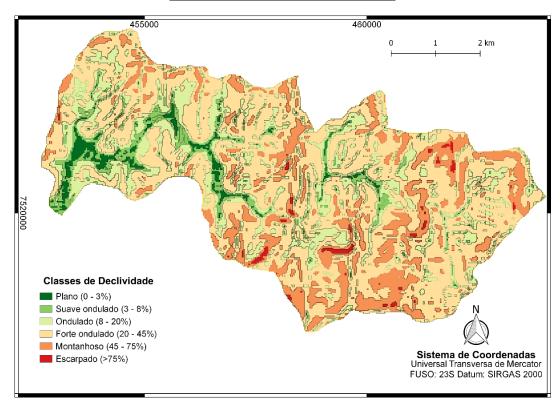


Figura 31 - Classificação da declividade da área de estudo de acordo com as classes de declividade definidas pela Embrapa (EMBRAPA, 1979).

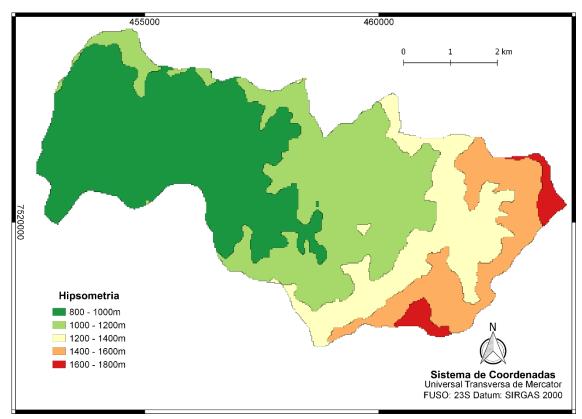


Figura 32 - Hipsometria da área de estudo.

## 4.2.2. Delimitação das APPs

Antes da delimitação das APPs dos cursos d'água presentes na área de estudo, foi realizado uma poligonização das linhas de drenagem obtidas através da análise do arquivo matricial, padronizando todos os leitos com dez metros de largura. Tal medida foi tomada devido à dificuldade de medir a largura dos corpos em toda a sua extensão e pela hidrografia ser composta por pequenos cursos d'água, não sendo consideradas as diferenças entres os leitos de cheia e regular dos corpos hídricos.

Vale ressaltar que a localização e existência das drenagens consideradas no estudo não puderam ser confirmadas em campo ou por análise de imagens. Fato justificado pela limitação da identificação clara da hidrografia, causado pela interferência da cobertura vegetal e pela dimensão da mesma.

As APPs geradas pelos cursos d'água e nascentes foram criadas através do *buffer* dos polígonos e pontos, cujas distancias foram determinadas pelas duas legislações.

Considerando o antigo código (BRASIL, 1965), a distância marginal foi de trinta metros para todas as drenagens e cinquenta metros de raio para as nascentes. Já, baseando-se no atual código florestal (BRASIL, 2012), o *buffer* 

foi de quinze metros para as nascentes em zona rural e cinquenta para as demais, enquanto para as drenagens, foi de trinta metros em perímetro urbano e de cinco metros na zona rural (tabela 12).

Tabela 12 - Dimensões utilizadas na delimitação das APPs geradas pela hidrografia da área de estudo.

Legislação	1965	2012
	Raio	
Nascente	50 m	50 m (urbano)
	30 111	15 m (rural)
<u>-</u>	Faixa Marginal	
Rios	30 m	30 m (urbano)
50	30 111	5 m (rural)

As dimensões das APPs geradas pelo atual código se devem ao fato do tamanho médio das propriedades rurais do município de Itajubá ser menor que um módulo fiscal. Ou seja, segundo a publicação dos índices básicos do Sistema Nacional de Cadastro Rural (INCRA, 2015, enquanto o módulo fiscal do município de Itajubá é de 30 hectares, os imóveis rurais têm área média de 19 hectares, aproximadamente.

Quanto aos reservatórios, como a legislação atual não apresenta um direcionamento fechado sobre as APPs, optou-se por não as considerar no trabalho.

Avaliando as cotas presentes na bacia, nota-se que a altitude máxima é de cerca de mil setecentos e sessenta metros, consequentemente não há APP gerada pelo critério de altitude.

Para as APPs de declividade, o arquivo matricial da bacia foi reclassificado considerando o limite de 45º e foram consideradas APPs as áreas com inclinação igual ou superior a esse valor.

Para as APPs de topo de morro, foi utilizada uma adaptação da metodologia proposta por Oliveira e Fernandes (2013). Logo, realizou-se a inversão do arquivo matricial, onde os topos de todos os morros se transforaram em fundos de vale e, a partir dessa transformação, foram traçadas novas bacias de drenagens. Esses polígonos gerados representavam, na verdade, a base de todos os morros presentes na bacia (figura 33).

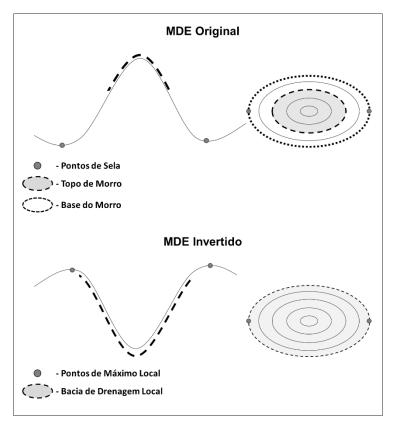


Figura 33 - Esquema representativo da lógica utilizada na metodologia para determinação das APPs de topo de morro na área da bacia do ribeirão José Pereira, município de Itajubá.

Após a obtenção desses vetores, pôde-se aplicar os critérios do atual código em todos os topos e os critérios do antigo código nos topos e agrupamentos da área de estudo.

## 4.2.3. Classificação do Uso e Ocupação do Solo

A classificação do uso e ocupação do solo se deu pela aplicação de dois métodos, o primeiro foi a utilização da classificação supervisionada da imagem do dia 07/12/2016 gerada pelo satélite landsat 8 e fornecida pelo INPE (INPE, 2016). Já, a outra metodologia foi vetorização manual, utilizando imagem do landsat 8 do dia 05/12/2016, cujo princípio foi a criação de polígonos que representavam as diferentes classes de ocupação de solo.

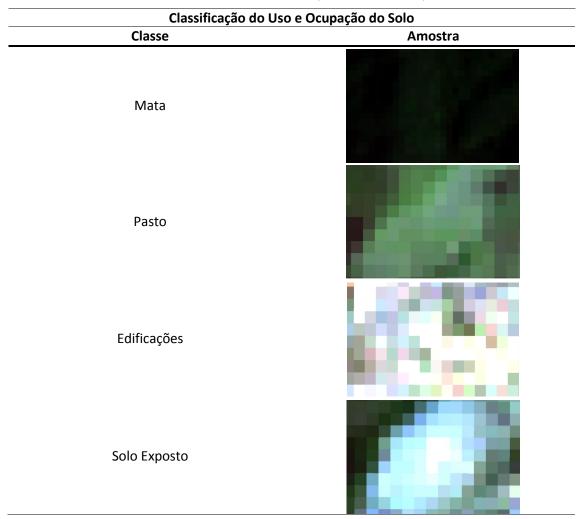
Após a comparação dos resultados obtidos pelos dois métodos, pôde-se selecionar a classificação que mais se adequou à situação real e, após a verdade terrestre, foi construído o mapa de uso e classificação do solo definitivo da bacia do Ribeirão José Pereira.

## 4.2.4. Classificação Supervisionada

A partir da utilização da fermenta *Semi-Automatic Classification Plugin* – SCP do QGIS (SHERMAN et al., 2016) foi possível identificar e delimitar quatro classes de uso e ocupação de solo, sendo essas: mata, pasto, edificações e solo exposto.

A criação do mapa se deu pela seleção de 27 amostras das classes de interesse, chamadas de *Regions of Interest* – ROIs, que serviram de padrão para a classificação da totalidade de área de estudo (tabela 13).

Tabela 13 - Amostras das classes utilizadas na classificação do uso e ocupação do solo supervisionada.



Devido à resolução da imagem utilizada, não foi possível diferenciar outras classes, o que justifica a utilização de um método mais preciso no diagnóstico do cenário de uso e ocupação do solo da bacia do Ribeirão José Pereira.

# 4.2.4.1. Vetorização Manual

Utilizando a vetorização manual foi possível identificar e delimitar 12 classes de uso e ocupação de solo, a partir dos padrões estabelecidos, conforme observado na tabela 14.

Tabela 14 - Padrão das classes usadas na análise do uso e ocupação da área de estudo.

Classificação de Uso e Ocupação do Solo			
Padrões	Classe	Padrões	Classe
	Mata		Lagos
	Árvores Isoladas		Afloramento Rochoso
	Copeira		Solo Exposto
	Pastagem		Área Degradadas
	Cultivos		Edificações
	Várzea		Ruas e Estradas

A utilização dos dois métodos foi motivada pela busca de um mapa que conseguisse traduzir de maneira mais próxima o cenário real da bacia do Ribeirão José Pereira.

### 4.3. Verdade Terrestre

A necessidade de se fazer a validação de campo a partir dos resultados da classificação do uso e ocupação solo, se dá pelos possíveis erros no julgamento das imagens e dos padrões selecionados.

A visita a campo teve duas abordagens distintas, sendo a primeira para elucidar as dúvidas que ficaram no processo de geoprocessamento, quanto à atribuição de determinada classe de uso em uma área. Por outro lado, a outra abordagem foi para garantir que as classes selecionadas foram suficientes e se traduziram a realidade do campo.

As visitas foram realizadas nos dias 29/07/2017 e 01/08/2017 percorrendo cerca de 14 quilômetros dentro da área de estudo e um quilômetro e meio fora da bacia, totalizando 51 pontos de observação (figura 34).

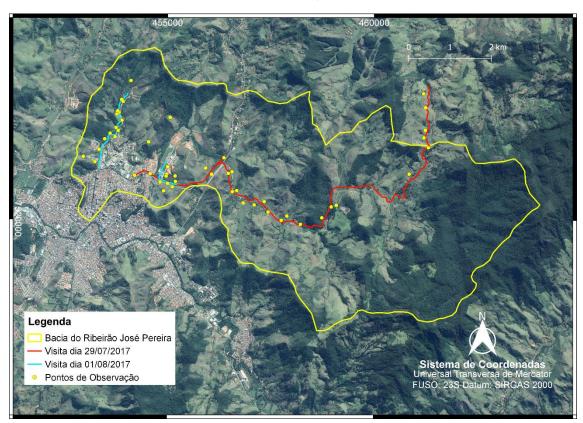


Figura 34 - Rotas e pontos de observação das duas visitas a campo, usados no diagnóstico da verdade terrestre.

Em cada ponto de observação foram retiradas fotografias que posteriormente foram comparadas com os mapas de uso e ocupação

construídos pelos SIGs, corrigindo-os conforme os diagnósticos obtidos em campo.

## 4.3. Ensaio de Infiltração

A determinação da condutividade hidráulica saturada do solo foi feita pelo Permeâmetro de Guelph, que permitiu a aplicação de carga constante em poços escavados com 0,20 m de profundidade, e da seguinte equação (SOIL MOILSTURE, 2012):

$$K_{fs} = \frac{C \times Q_h}{2\pi h + \pi a^2 C + 2\pi \left(\frac{h}{a^*}\right)}$$

Onde:

Kfs – condutividade hidráulica saturada (cm/s);

C – fator adimensional dependente da estrutura do solo, valor utilizado (0,803154);

Q<sub>h</sub> – vazão de saída do poço (cm<sup>3</sup>/s);

h – carga hidráulica estabelecida no poço, no caso 5 cm;

a – área da seção transversal dos reservatórios combinados (35,22cm²);

a\* - parâmetro relacionado com a estrutura e textura do solo.

Os ensaios foram realizados em triplicata nos nove pontos selecionados a partir dos resultados anteriores. Assim, buscou-se avaliar o comportamento da condutividade hidráulica das classes de solo predominantes nas APPs de topo de morro, sob as classes de uso e ocupação de maior ocorrência.

# 4.4. Alterações na capacidade de infiltração da Bacia do Ribeirão José Pereira

Para realização da estimativa de alteração nas condições de infiltração do solo a partir das mudanças propostas pelo atual código florestal, considerou-se apenas as APPs de topo de morro, já que as APPs de nascente e rio foram delimitadas através do mecanismo de análise de relevo e não foi possível fazer a validação dessas áreas a campo.

Assim, optou-se pela criação de cenários de alteração do uso e ocupação do solo, na medida em que as possíveis diminuições das APPs de topo de morro permitiriam a supressão das matas e a utilização dessas áreas sob outra classe de uso e ocupação. Essa mudança tem impacto direto na capacidade de

infiltração da bacia, conforme observado por Vanzela, Hernandez e Franco (2010), cujos resultados mostraram maior disponibilidade hídrica em áreas de mata.

Enquanto as classes de uso e ocupação avaliadas resultaram da análise do uso conflitivo do solo, para a estimativa da infiltração em si, foram utilizados os resultados obtidos pelos ensaios a campo com o permeâmetro de Guelph, sob os solos predominantes na área.

Logo, considerando a condutividade hidráulica saturada obtida, pôde-se estabelecer uma relação entre os dados observados em mata e os observados sobre das classes de solo predominantes nas APPs de topo de morro e estimar as alterações dessa variável a partir de cenários de uso e ocupação.

### 4.5. Analises Estatísticas

Para justificar o cenário de permeabilidade encontrado, foram realizadas análises multivariadas dos atributos do solo nos pontos de referência (areia, silte, argila e volume total de poros – VTP) com as condutividades hidráulicas observadas em campo. Primeiramente, os dados foram padronizados para evitar o efeito das escalas e unidades, através da utilização de escores padrão (escores z), obtidos pela subtração das médias e divididos pelos desvios padrões de cada variável.

Optou-se pela utilização da análise dos componentes principais - ACP, complementada pela análise de agrupamento. Os dados foram avaliados de maneira conjunta e posteriormente aplicou-se as ferramentas para cada solo de maneira separada. Para as duas análises foi utilizado o programa XLStat 2017 (ADDINSOFT, 2017).

Os resultados da ACP foram apresentados em gráficos de dispersão de duas dimensões, cujos eixos representam as duas componentes principais que explicam a maior parcela da variância dos dados e auxiliaram como mecanismos visuais para agrupar objetos semelhantes.

Seguido da ACP, foram realizadas as análises de agrupamentos (*clusters*) através da medida de dissimilaridade de distância Euclidiana e a construção dos conglomerados foi feita pelo método de Ward, cuja utilização não depende de o fato dos dados serem provenientes de uma população com distribuição normal (FERREIRA, 2008).

## 5. Resultados e Discussão

# 5.1. APPs na Bacia do Ribeirão José Pereira no Antigo e Atual Códigos Florestais

A análise das APPs geradas pelas drenagens da bacia teve como base uma generalização das propriedades rurais, ou seja, foi atribuído a área de até um módulo fiscal (30 hectares) para todos os imóveis rurais presentes, não levando em conta suas dimensões reais.

Considerando as drenagens da bacia e as diferenças presentes nas duas legislações, a redução em área de proteção pode ser da ordem de 79,26%, conforme observado nas figuras 35 e 36. Nesse cenário, considera-se que todas as propriedades na zona rural tenham até um módulo fiscal e constituam-se em sua totalidade de áreas consolidadas.

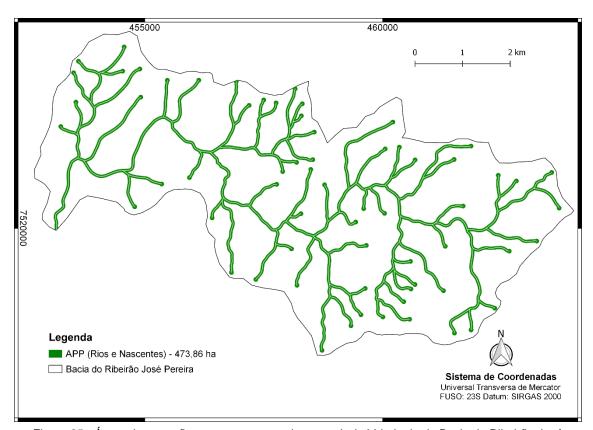


Figura 35 - Áreas de proteção permanente geradas a partir da hidrologia da Bacia do Ribeirão José Pereira, segundo as determinações da Lei nº4771 de 1965 (BRASIL, 1965).

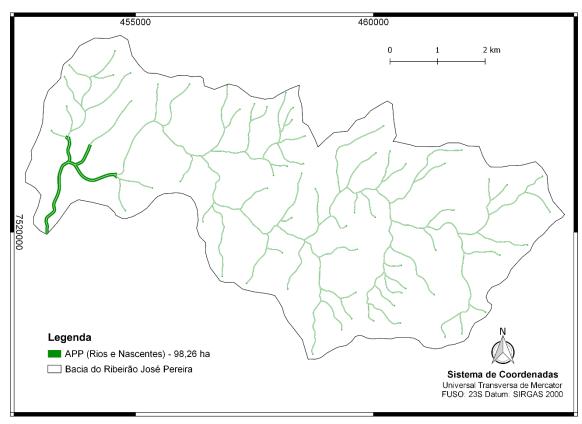


Figura 36 - Áreas de Proteção Permanente geradas a partir da hidrologia da Bacia do Ribeirão José Pereira, segundo as determinações da Lei nº12651 de 2012 (BRASIL, 2012).

A redução das APPs de rios e nascentes em zona rural foi de 83,5% no cenário proposto. Bonamigo et al. (2017) ao analisarem o comportamento de redução das APPs de cursos d'água e nascente em imóveis rurais de Santa Catarina com até um módulo fiscal, chegaram a um valor de 81,8%. Apesar da proximidade dos valores, a redução real observada em campo depende da área das propriedades rurais e do estado de conservação das APPs, que pode variar em diferentes regiões.

Para realizar a avaliação do estado de conservação das APPs é preciso delimitar e dimensionar os corpos hídricos locais, o que pode ser um processo complexo, conforme destacado por Campagnolo et al. (2017), cujas dificuldades foram encontradas tanto na determinação do leito regular e de cheia do Rio Arroio Grande (Rio Grande do Sul), bem como na localização do mesmo, devido ao encobrimento por parte da vegetação.

A importância do mapeamento dessas áreas é justificada pela expressão que podem ter em um cenário local ou regional, conforme evidenciado por Eugenio et al. (2017). Os autores mostraram que no estado do Espírito Santo,

as APPs geradas pelos rios representam 56,3% de todas as áreas protegidas, ocupando10,4% do território do estado.

Sabendo que as duas legislações (BRASIL, 1965, 2012) compartilham do mesmo critério para determinação das APPs geradas pela declividade, foram identificados 2,14 hectares de área com declividade superior a 45°, distribuídos conforme a figura 37.

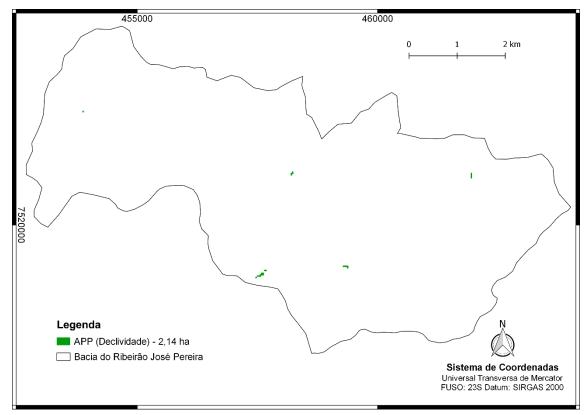


Figura 37 - Áreas de Preservação Permanente geradas pelo critério de declividade na Bacia do Ribeirão José Pereira, conforme estabelecido pelos dois códigos florestais (BRASIL 1965, 2012).

Para as APPs de topo de morro, foram identificados os 77 pontos de máximo, que puderam ser classificados como morros e montanhas, segundo os parâmetros estabelecidos pelos antigo e novo códigos florestais (BRASIL, 1965, 2012).

Aplicando os critérios da lei de 1965 (BRASIL, 1965) e da Resolução CONAMA 303/02 (BRASIL, 2002 b), foram encontradas 22 montanhas e 37 morros, responsáveis pela geração de 865,72 hectares de APP na área de estudo (figuras 38 e 39). Por outro lado, apesar de terem sido identificados cinco pontos com amplitude superior a 100m, nenhuma dessas formações apresentaram declividade média superior ao limite estabelecido pela lei atual

(BRASIL, 2012), o que resultou na redução de 100% das APPs de topo de morro (figura 38).

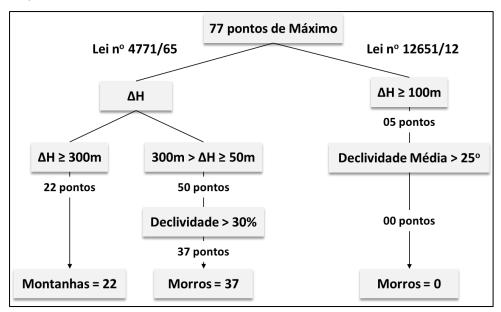


Figura 38 - Representação dos resultados da classificação dos cumes encontrados na Bacia do Ribeirão José Pereira, de acordo com as duas leis (BRASIL, 1965, 2012).

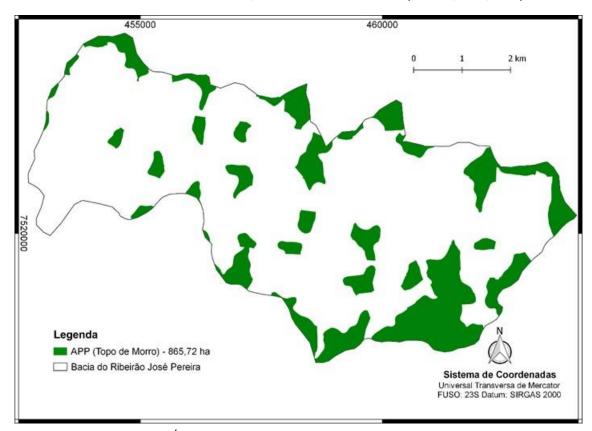


Figura 39 – Distribuição das Áreas de Proteção Permanente de topo de morro na Bacia do Ribeirão José Pereira, geradas pelos critérios estabelecidos pelo código florestal de 1965 (BRASIL, 1965).

A inexistência de APP de topo de morro na área de estudo não é resultado apenas das mudanças da altura dos morros e da declividade, mas também dos diferentes referenciais de cálculo. Ou seja, o fato da nova lei trazer como

referência o ponto de sela mais próximo para dimensionamento das amplitudes dos pontos de máximo, altera de maneira significativa a classificação do relevo da bacia. Como por exemplo, o ponto de máximo mostrado na figura 40, cuja amplitude era suficiente para classifica-lo como montanha, mas pela mudança no referencial de medida, não atinge o limite de 100m estabelecido pela nova legislação (BRASIL, 2012).

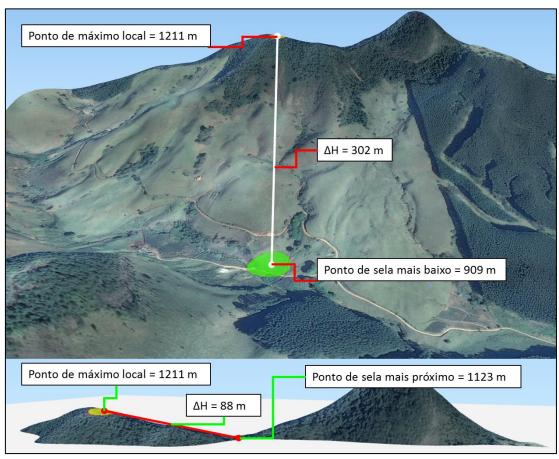


Figura 40 - Exemplo de alteração da classificação dos pontos de máximo da área de estudo, segundo a alteração do referencial de cálculo promovida pela lei atual (BRASIL, 2012).

Assim como a amplitude dos morros e montanhas, a mudança promovida no referencial e pelo cálculo da declividade teve impacto fundamental no cenário das APPs de topo de morro da bacia, conforme visto na figura 40.

Entretanto, essa diminuição observada nas APPs de topo de morro depende do relevo da área de estudo, conforme demonstrado por Nery et al. (2013), cuja análise resultou na diminuição de cerca de 13% das APPs de topo de morro em uma bacia do município de Montes Claros – MG.

As alterações dos parâmetros de classificação e dimensionamento das APPs promovidas pela Lei nº12651/12 (BRASIL, 2012) resultam em um potencial de perda de área a ser preservada de 92,28% (figuras 41 e 42). Ressalta-se que

o termo potencial é utilizado devido à utilização do cenário para a análise das APPs geradas pela hidrografia da Bacia do Ribeirão José Pereira.

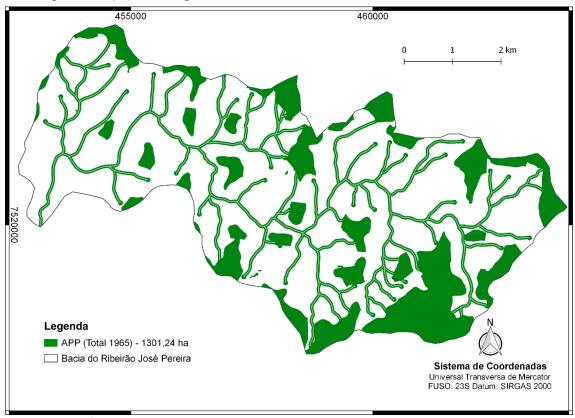


Figura 41 - Área de Preservação Permanente total da Bacia do Ribeirão José Pereira, segundo a aplicação da Lei nº4771/65 (BRASIL, 1965).

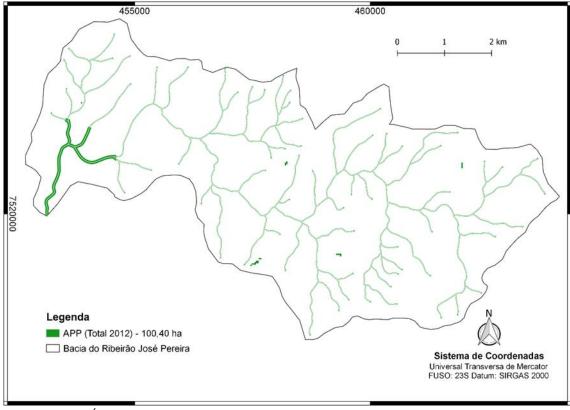


Figura 42 - Área de Preservação Permanente total da Bacia do Ribeirão José Pereira, segundo a aplicação da Lei nº12651/12 (BRASIL, 2012).

O efeito observado no estudo da Bacia do Ribeirão José Pereira é evidenciado de maneira similar em outras regiões, como observado por Francelino e Silva (2014) no Rio de Janeiro - RJ e por Zanatta, Cunha e Boin (2014) em Marabá Paulista – SP, onde as reduções observadas das APPs de topo de morro e de rios e nascentes foram de 98,5% e 74,23%, respectivamente.

Apesar da complexidade existente na avaliação dos impactos ambientais causados pela diminuição das áreas ambientalmente estratégicas em todo o país, Diniz e Filho (2015) conseguem estimar o impacto econômico causado na recomposição das APPs. Ou seja, segundo os critérios do antigo e de novo código florestal, a recomposição dessas áreas seria responsável pela diminuição de 0,37% (12,0 bilhões de reais) e 0,19% (6,2 bilhões de reais) do produto interno bruto brasileiro, respectivamente, referente ao ano de 2009.

Entretanto, deve-se tomar cuidado com conclusões precipitadas com relação aos custos diretos e indiretos que a revegetação das APPs promoveria à economia, uma vez que o benefício proporcionado pela cobertura adequada dessas áreas pode ser subjetivo e se manifestar a longo prazo. Segundo o Relatório Pleno da Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil, publicado pela ANA em 2017, entre os anos de 2013 e 2016, 48 milhões de brasileiros foram afetados pelos eventos de estiagem (6 vezes mais que pelas cheias) e o desmatamento e a erosão do solo mostram-se como agentes importantes nas pressões que podem favorecer e agravar a escassez de água no país (ANA, 2017b).

Trazendo a discussão para a perspectiva econômica, segundo o *Global Water Report*, publicado pelo *Carbon Disclosure Project* - CDP, no ano de 2016 o prejuízo causado pela falta de água a 607 companhias de 20 países foi de 45 bilhões de reais. O relatório, que contou com a participação de 14 empresas brasileiras, destaca a importância de tratar riscos associados à escassez de água, sendo esses vitais para a continuidade dos negócios, proteção dos lucros e para viabilizar uma resposta às mudanças climáticas.

Logo, ao analisar a diminuição das APPs, seja pela recomposição em áreas rurais consolidadas, como pela alteração na classificação das elevações, notase que a ausência de proteção adequada em áreas estratégicas dentro da bacia hidrográfica pode comprometer a quantidade e qualidade dos recursos hídricos locais e regionais, impactando de maneira adversa na vida da população

residente e podendo inviabilizar a atividade agropecuária em determinadas regiões.

Essa visão serve como base para uma argumentação mais sólida baseada em referências científicas que vai de encontro ao que foi proposto pelo código atual e com o cenário apresentado pelo INCRA em 2012 (INCRA, 2012). Ou seja, enquanto algumas justificativas para alteração das delimitações das APPs foram no sentido de evitar a diminuição da área útil do pequeno produtor, essa mesma medida poderá comprometer os recursos hídricos locais, fazendo com que o prejuízo seja ainda maior, na medida que a água é fundamental para toda a atividade agrícola.

# 5.2. Classificação do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Ribeirão José Pereira

## 5.2.1. Classificação supervisionada

Como resultado da classificação feita a partir da ferramenta SCP, foram obtidos os polígonos das classes de mata, pasto edificações e solo exposto distribuídos na área segundo a figura 43. O uso e ocupação identificado como mais expressivo na bacia foi a mata seguido do pasto (tabela 15).

Tabela 15 - Resultado da classificação supervisionada do uso e ocupação do solo da Bacia do Ribeirão José Pereira.

Uso	Área (%)
Mata	60,3%
Pasto	31,2%
Edificações	7,5%
Solo Exposto	1,0%

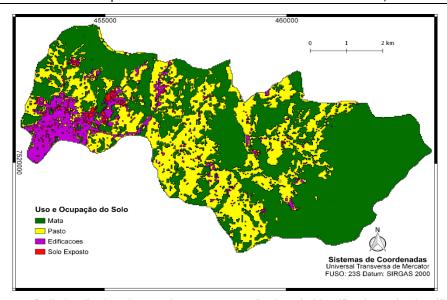


Figura 43 - Delimitação das classes de uso e ocupação do solo identificadas pela classificação supervisionada da área de estudo.

Ao comparar o mapa de uso e ocupação do solo (figura 44) com a imagem oferecida pelo *Google Earth Pro* (GOOGLE INC, 2017), nota-se diversas divergências associadas à classificação de algumas áreas e ao número de classes usadas.

Esses dois tipos de erros são originados pela diferença de resolução das imagens, o que pode conferir alguns erros na análise da cobertura vegetal e uso do solo.

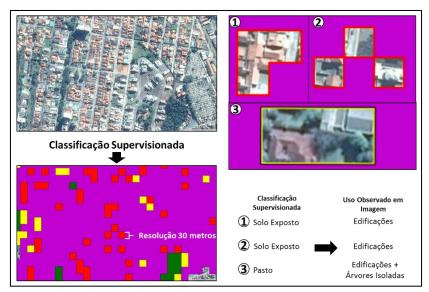


Figura 44 - Parcela da área de estudo classificada a partir da ferramenta SCP e os erros associados à classificação

Na figura 44, evidencia-se erros associados à classificação supervisionada, onde, a cor dos telhados faz com que o *software* atribua a classe de solo exposto às edificações e a resolução de trinta metros não permite diferenciar usos distintos em uma mesma área, o que pode ser visto na área de destacada de número 3.

# 5.2.2. Vetorização manual e verdade terrestre

Analisando a imagem e delimitando os polígonos das 13 classes de uso e ocupação do solo, a área de estudo apresenta-se com o uso mais expressivo a mata, seguido da pastagem (tabela 16).

Tabela 16 - Resultado da vetorização manual do uso e ocupação do solo da Bacia do Ribeirão José Pereira.

Vetorização Manual		
Uso e Ocupação do Solo	Área (%)	
Mata	38,01%	
Pastagem	21,81%	
Áreas Degradadas	10,76%	
Capoeira	9,27%	
Perímetro Urbano	6,41%	
Árvores Isoladas	6,34%	
Edificações	3,10%	
Várzea	2,05%	
Cultivos	0,86%	
Ruas e Estradas	0,83%	
Afloramentos Rochosos	0,34%	
Lagos	0,11%	
Solo Exposto	0,09%	

A distribuição das diferentes classes de uso e ocupação do solo frutos da vetorização podem vistas na figura 45.

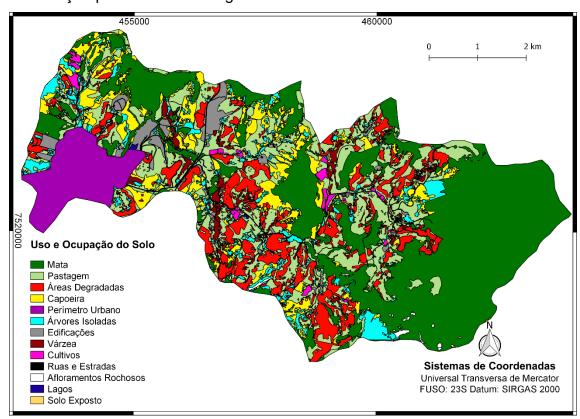


Figura 45 - Delimitação das classes de uso e ocupação do solo identificadas pela vetorização manual da área de estudo.

De maneira geral, constatou-se em campo que a limitação imposta pelo relevo quanto ao uso e ocupação dos imóveis rurais, resulta no predomínio da

atividade pecuária e na pequena expressão dos cultivos de culturas anuais e perenes.

A partir das observações em campo, foi possível notar que as classes de áreas degradadas e de árvores isoladas deveriam ser corrigidas e reajustadas. Ou seja, enquanto as áreas degradadas, na verdade se tratam de pasto degradado pelo pisoteio animal ou por erosão, as árvores isoladas são na verdade áreas de mata (figura 46).

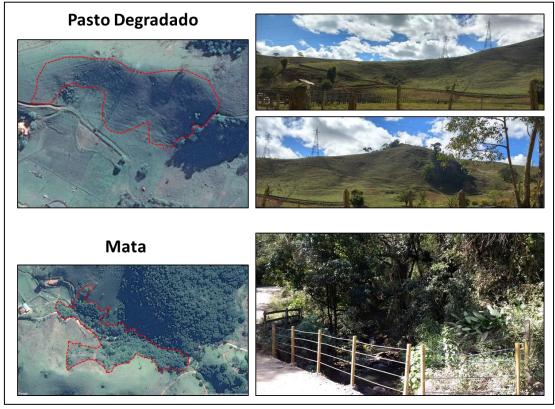


Figura 46 - Classes de uso e ocupação do solo que foram corrigidas pela etapa de verdade terrestre.

As outras classes usadas para a classificação da área de estudo foram evidenciadas em campo (figuras 47, 48 e 49), o que confirma a maior parte dos resultados obtidos pelo método manual.

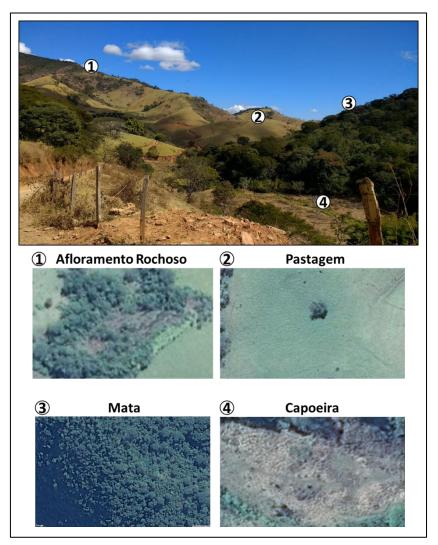


Figura 47 - Afloramento rochoso, pastagem, mata e capoeira identificados em um ponto de observação avaliado na etapa de verdade terrestre.

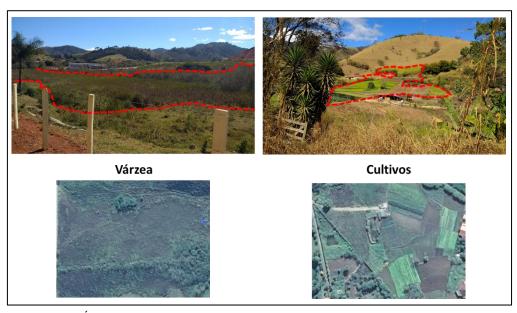


Figura 48 - Áreas de várzea e cultivos evidenciadas durante a etapa de verdade terrestre.

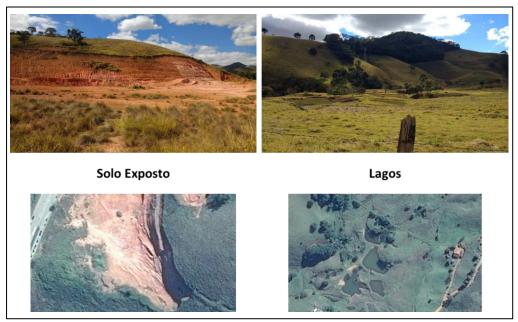


Figura 49 - Solo exposto e lagos identificados na etapa de verdade terrestre.

A partir da confirmação em campo dessas informações coletadas por imagens, foi possível criar um mapa de uso e ocupação do solo definitivo para a Bacia do Ribeirão José Pereira (figura 50). Nesse mapa, considerou-se a classe de pastagem como a soma das áreas de pasto degradado e de pasto não degradado, essa medida foi tomada para facilitar o cálculo das contribuições de cada classe de uso e ocupação na área de estudo.

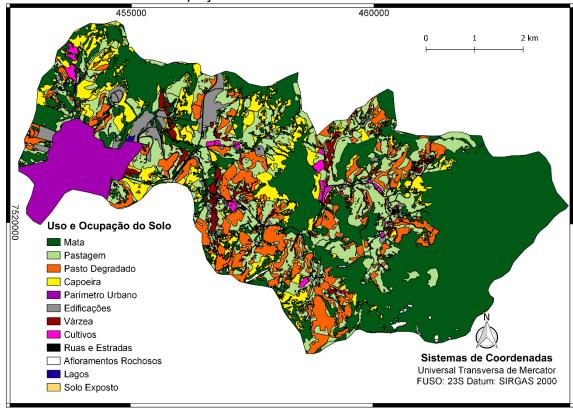


Figura 50 - Mapa de uso e ocupação do solo com a classificação resultante da etapa de verdade terrestre.

Considerando essas alterações, houve o aumento de 6,34% das áreas de mata, somando 44,35% da área da bacia. A discrepância se dá de maneira mais acentuada ao observar os valores obtidos pela classificação supervisionada que, além de representar o uso e ocupação da bacia com apenas quatro classes, não permite diferenciar as áreas edificadas do perímetro urbano (tabela 17).

Tabela 17 – Resultados das classificações do uso e ocupação do solo da Bacia do Ribeirão José Pereira, utilizando os métodos: vetorização manual, verdade terrestre e a classificação supervisionada.

Uso e Ocupação do Solo	Vetorização Manual	Verdade Terrestre	Supervisionada
Mata	38,01	44,35	60,30
Pastagem	21,81	21,81	31,20
Pasto Degradado	0,00	10,75	0,00
Áreas Degradadas	10,76	0,00	0,00
Capoeira	9,27	9,27	0,00
Perímetro Urbano	6,41	6,41	7,50
Edificações	3,10	3,10	7,30
Várzea	2,05	2,05	0,00
Cultivos	0,86	0,86	0,00
Ruas e Estradas	0,83	0,83	0,00
<b>Afloramentos Rochosos</b>	0,34	0,34	0,00
Lagos	0,11	0,11	0,00
Solo Exposto	0,09	0,09	1,00

Além das correções, a etapa de verdade terrestre permitiu determinar o uso conflitivo do solo nas APPs e evidenciar a presença de gado próximo às nascentes, o que pode causar degradação da mesma e contaminação da água (figuras 51 e 52).

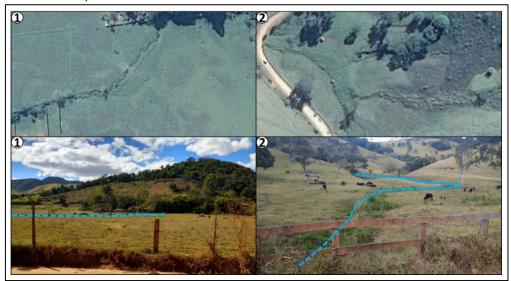


Figura 51 - Ausência de cobertura vegetal adequada em APPs de rios na área de estudo, destaque da presença de gado próximo aos cursos d'água.



Figura 52 - Presença de gado próximo à nascente e ausência de vegetação adequada nas APPs de recursos hídricos.

Avaliando o uso conflitivo das APPs na área de estudo, foi verificado que há necessidade de se recompor cerca de 498 hectares, considerando o antigo código, e 42 hectares, segundo o código atual (tabela 18).

Tabela 18 - Relação entre a ocupação de matas das APPs e as áreas a serem recompostas, segundo os códigos florestais de 1965 e de 2012.

l aniala añ a	APP	Mata em APP	Recomposição		
Legislação	ha	ha	ha		
	Hidro	grafia			
1965	443,28	191,91	251,37		
2012	73,25	31,17	42,08		
	Topo de	Morro			
1965	865,72	608,82	256,89		
2012	0,00	0,00	0,00		
Total					
1965	1268,93	770,87	498,06		
2012	73,25	31,17	42,08		

Nesse sentido, pode-se observar o papel que as APPs teriam no uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão José Pereira. Ou seja, caso fossem totalmente recompostas, as APPs seriam responsáveis pela ocupação de cerca de 65% e 5% das áreas de mata da bacia, considerando o antigo e o atual código, respectivamente.

Portanto, enquanto 35% das matas da área de estudo estariam desprotegidas sob a ótica do que a lei de 1965 (BRASIL, 1965) considera como APP, a lei atual (BRASIL, 2012) deixaria 95% das matas da bacia sob a casualidade de outros critérios de proteção.

A diminuição das APPs pode alterar o estado de conservação dos corpos hídricos, uma vez que esses dependem de medidas de proteção, conforme observado por Carneiro et al. (2015), cujo estudo motrou que o cercamento e revegetação de nascentes e córregos no município de Araponga – MG permitiram o controle do processo erosivo. Foi observado pelos autores o afloramento de nascentes que eram secas e a transformação de cursos d'água intermitentes, em permanentes. A partir da interrupção do pisoteio animal nas nascentes, os moradores de algumas propriedades rurais estudadas notaram melhora até mesmo na qualidade da água, em aspectos como odor e sabor.

Essa percepção sobre a qualidade da água de nascentes desprotegidas e com presença de pisoteio animal foi confirmada de maneira mais detalhada por Pinto, Roma e Bailieiro (2012) no município de Inconfidentes – MG. Através da avaliação das propriedades físicas, químicas e biológicas de cinco nascentes expostas a diferentes usos e ocupação, os autores concluíram que a nascente sujeita à pastagem e o pisoteio animal encontrava-se mais degradada e contaminada, o que, segundo os próprios autores, pode apresentar grande risco para a população local, devido à presença de coliformes termotolerantes.

Este cenário evidencia o impacto adverso que a delimitação das APPs sob a perspectiva do atual código florestal (BRASIL, 2012) pode ter na manutenção e conservação das matas e, consequentemente, no estado de conservação do solo e dos recursos hídricos da bacia do Ribeirão José Pereira. Essa situação se agrava, na medida que é comum o uso dos corpos d'água como fonte de abastecimento das populações que residem em propriedades mais afastadas e e sem acesso à água tratada.

#### 5.3. Ensaios de Infiltração

Como o fato da motivação dos ensaios foi verificar como se dá o comportamento da condutividade hidráulica do solo nas áreas que deixaram de ser APPs de topo de morro, para a seleção dos pontos, foi necessário levantar quais são os usos atuais e as classes de solo encontradas nessas áreas.

A partir do mapa de solo desenvolvido por Lima (2012), foi possível identificar seis classes de solo nas antigas APPs de topo de morro, sendo predominante o Cambissolo, seguido do Argissolo e do Latossolo (tabela 19).

Tabela 19 - Parcelas das diferentes classes de solo presentes nas antigas APPs de topo de morro dentro da Bacia do Ribeirão José Pereira.

Classes de Solo	Área (%)
Cambissolo (CX)	43,95%
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	25,23%
Argissolo Vermelho (PV)	16,25%
Latossolo Vermelho (LV)	9,89%
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	4,65%
Gleissolo (GX)	0,03%

Considerando a classificação do uso e ocupação do solo realizada pela verdade terrestre, foram encontradas dez classes nessas áreas, destaque para as áreas de mata, pasto e pasto degradado que somam quase 92% do uso encontrado (tabela 20).

Tabela 20 - Diferentes classes de uso e ocupação do solo que compõem as antigas APPs.

Uso e Ocupação do Solo	Área (%)
Mata	70,37%
Pasto	11,96%
Pasto Degradado	9,46%
Capoeira	6,58%
Afloramento Rochoso	1,14%
Edificações	0,20%
Cultivos	0,10%
Ruas e Estradas	0,09%
Várzea	0,08%
Solo Exposto	0,01%

Como forma de viabilizar o estudo e coletar uma quantidade suficiente de informações para descrever quais as relações dos diferentes usos e classes de solo, com a condutividade hidráulica, foram selecionadas nove áreas,

distribuídas entres as três principais classes de uso e ocupação do solo e os três solos mais representativos na bacia (tabela 21).

Tabela 21 - Combinações entre classes de solo e de uso e ocupação selecionadas para realização dos ensaios de infiltração.

Uso Solo	Mata (M)	Pasto (P)	Pasto Degradado (PD)
Cambissolo (CX)	CX- M	CX – P	CX – PD
Argissolo Vermelho (PV)	PV - M	PV - P	PV – PD
Latossolo Vermelho (LV)	LV - M	LV – P	LV - PD

Para a seleção dos pontos de ensaio, foram observados os perfis das topossequências do trabalho de Lima (2012), que foram usados como referência na descrição dos solos e na discussão dos resultados obtidos. Portanto, para cada classe de solo avaliada, há pelo menos um perfil descrito e levantado por Lima (2012), com informações sobre os atributos físicos na profundidade de 15 a 20 centímetros (tabelas 22 e 23 e figura 53).

Tabela 22 - Pontos das topossequências utilizados para a escolha dos pontos dos ensaios de infiltração e referência nas análises.

Solo	Mata	Pasto	Pasto Degradado
Cambissolo	T3 - P1	T3 - P3	T3 – P3
Argissolo Vermelho	T8 – P3	T8 - P3	T8 - P3
Latossolo Vermelho	T8 – P1	T7 - P3	T7 - P3

Fonte: Lima (2012).

Tabela 23 - Classificação dos perfis dos pontos de referência utilizados.

Pontos de Referência	Classificação	
T3 - P1	Cambissolo Háplico Tb distrófico, A proeminente	
T3 - P3	Cambissolo Háplico Tb eutrófico, A moderado	
T7 - P3	Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado	
T8 - P1	Latossolo Bruno distrófico típico, A húmico	
T8 - P3	Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente	
-	Fonto: Limo (2012)	

Fonte: Lima (2012).

Pode-se notar na figura 53 a presença das diferentes classes de uso e ocupação do solo nas proximidades dos pontos de referência. Os resultados dos ensaios são apresentados na tabela 24, com os valores obtidos nas três repetições de cada ponto, bem como a classificação da permeabilidade sugerida por USDA (2017).

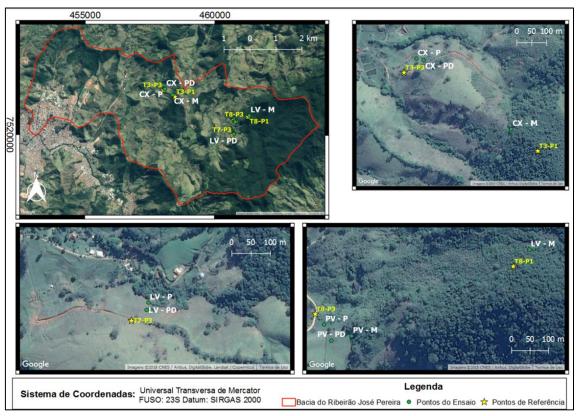


Figura 53 - Localização dos pontos de realização dos ensaios de infiltração e dos pontos de topossequência usados como referência nas análises.

Tabela 24 - Resultado dos ensaios de infiltração realizados na Bacia do Ribeirão José Pereira, em três classes de solo e de uso, com três repetições.

Cobertura	Donatica	Camb	issolo	Latossolo '	Latossolo Vermelho Argissolo Vern		
Cobertura	Repetição	K <sub>fs</sub> (mm/h)	Classe	K <sub>fs</sub> (mm/h)	Classe	K <sub>fs</sub> (mm/h)	Classe
	01	219	Rápida	11,52	M. Rápida	76,8	Rápida
MATA	02	307,2	Rápida	15,36	M. Rápida	61,2	Rápida
	03	292,2	Rápida	15,36	M. Rápida	57,66	Rápida
	enadas so 23 (m)	458369 E	7521541 (N)	461335 E	7520753 N	460852 E	7520518 N
	01	7,68	M. Rápida	19,2	M. Rápida	38,46	Rápida
PASTO	02	26,88	M.Rápida	30,72	M.Rápida	23,04	M. Rápida
	03	11,52	M. Rápida	34,62	M. Rápida	61,2	Rápida
	enadas so 23 (m)	458048 E	7521776 N	460744 E	7520055 N	460777 E	7520549 N
	01	7,68	M.Rápida	42,3	M. Rápida	38,46	Rápida
PASTO DEGRADADO	02	15,36	M.Rápida	46,14	Rápida	61,2	Rápida
	03	26,88	M. Rápida	34,62	M. Rápida	84,6	Rápida
	enadas so 23 (m)	458072 E	7521771 N	460739 E	7520036 N	460797 E	7520505 N

Devido à grande variação da K<sub>fs</sub> em campo, optou-se por trabalhar com as medianas dos valores obtidos. Asssim, na figura 54 fica clara a discrepância da permeabilidade em mata na região de cambissolo para os valores encontrados nos outros pontos. O valor da mediana da condutividade hidráulica saturada nesses pontos chega a ser quase vinte vezes maior que o encontrado em latossolo vermelho ocupado por mata, por exemplo.

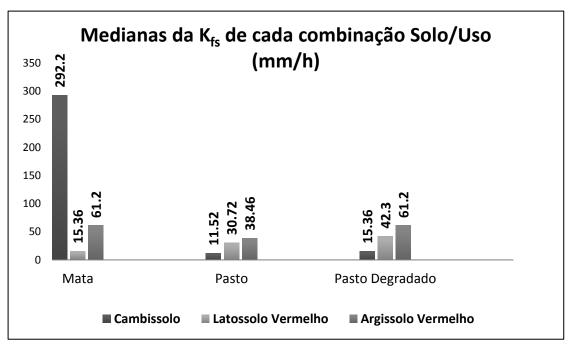


Figura 54 - Gráfico com os valores das medianas da condutividade hidráulica saturada de cada solo em diferentes classes de uso e ocupação.

O resultado do levantamento das características do solo nos pontos das topossequências do trabalho de Lima (2012) pode ser visto na tabela 25.

Tabela 25 - Atributos do solo avaliados por Lima (2012) nos pontos de referência e os respectivos pontos de ensaio referenciados.

Pontos de Referência	Pontos Referenciados	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	Argila (g/kg)	VTP (%)
T3 - P1	CX - M	436	189	375	55,15
T3 - P3	CX - P / CX - PD	362	298	340	51,00
T7 - P3	LV - P / LV - PD	474	194	332	46,70
T8 - P1	LV - M	509	207	284	53,00
T8 - P3	PV - M / PV - P / PV - PD	564	278	158	48,20

A partir desses atributos e dos valores da condutividade hidráulica saturada, obteve-se o gráfico da figura 55 como resultado da análise de componentes principais.

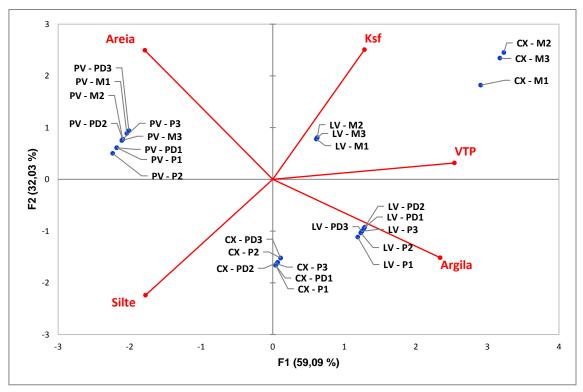


Figura 55 – Diagrama de ordenação dos parâmetros dos solos, sob os diferentes usos, produzidos por ACP, na profundidade de 15 a 20 centímetros.

As duas componentes principais (F1 e F2) são responsáveis pela explicação de cerca de 91% da variância dos atributos analisados. Observando os valores dos autovetores de cada uma das componentes (tabela 26), nota-se que enquanto a componente F1 apresenta como coeficiente de maior grandeza numérica o VTP, seguido da argila, a componente F2 relaciona-se principalmente com a K<sub>sf</sub> e areia.

O fato da condutividade hidráulica saturada relacionar-se diretamente com a VTP nas duas componentes não faz com que se estabeleça uma relação de causalidade simples, ou seja, os solos com maior VTP não necessariamente serão aqueles com maior K<sub>fs</sub>. Isso, pois, além das dimensões, os arranjos desses poros são fundamentais na compreensão da hidrodinâmica do solo. Magalhães, Cunha e Nóbrega (2018) mostraram que, ao analisar um sistema pedológico Latossolo-Nitossolo, os valores de K<sub>fs</sub> foram justificados pela diferença dos arranjos dos poros, que se apresentaram com alta conectividade no latossolo e menos interligados no nitossolo, a partir das análises das fotomicrografias.

Nesse estudo, os autores verificaram também a variabilidade espacial do sistema pedológico, já que as duas classes estavam presentes na mesma topossequência de extensão de 790 metros (MAGALHÃES; CUNHA; NÓBREGA, 2018).

Tabela 26 - Valores dos autovetores obtidos nas análises de todas as variáveis e pontos de ensaio da
área de estudo.

Variáveis	F1	F2
K <sub>fs</sub>	0,281	0,562
Areia	-0,400	0,559
Silte	-0,398	-0,502
Argila	0,524	-0,339
VTP	0,569	0,071

A dispersão dos pontos em função dos escores das componentes principais denota o surgimento de alguns agrupamentos. Esse comportamento é descrito de forma mais clara através dos resultados da análise de *cluster*. O dendrograma fruto dessa segunda análise mostra a divisão dos dados em três grupos distintos que possuem dois níveis de dissimilaridade entre si. Ou seja, os grupos C1 e C2 apresentam aproximadamente 40% de dissimilaridade entre si e o grupo C3 tem quase 66% de dissimilaridade com o grupo resultante do agrupamento C1 e C2 (figura 56).

De certa forma, nota-se uma relação entre a divisão dos grupos e o gráfico das médias dos valores de K<sub>fs</sub> obtidos em campo. Ou seja, as combinações de solo e uso que tiveram as menores médias, no caso, Latossolo em mata e pasto e o Cambissolo em pasto e pasto degradado estão contidas no grupo C2. O mesmo comportamento é observado no grupo C1, cuja composição se dá pelos pontos com os maiores valores de K<sub>fs</sub> observados em campo.

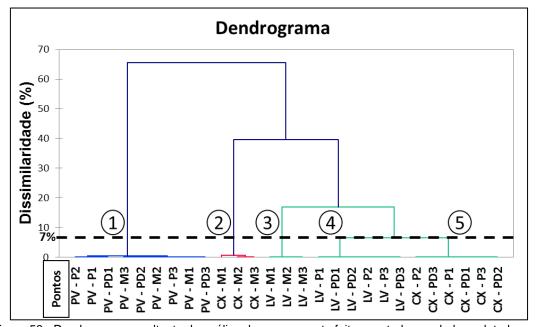


Figura 56 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento feita com todos os dados coletados nos ensaios de infiltração e com os atributos do solo dos pontos de referência.

Semelhante ao que foi encontrado por Guimarães et al. (2016), as análises da ACP e dos agrupamentos permitem estabelecer uma relação de dependência espacial da k<sub>fs</sub>, na medida que as diferenças observadas nos atributos dos solos dos pontos de referência mostram-se determinantes nas taxas de infiltração verificadas nos ensaios. Ou seja, olhando para os grupos formados pela dissimilaridade logo abaixo de 7 %, nota-se a formação de cinco grupos distintos, cujos membros estão agrupados conforme os seus respectivos pontos de referência. Logo, enquanto o argissolo sob todos os usos se encontrada em um único grupo, tanto o cambissolo, como o latossolo estão divididos em dois grupos, conforme os pontos de referência utilizados.

Porém, para analisar e justificar o comportamento da condutividade hidráulica de maneira mais detalhada, optou-se por dividir o estudo entre as diferentes classes de solo.

#### 5.3.1. Cambissolo

Foi necessária a utilização de dois pontos de referência para a escolha dos pontos de ensaio, pois não foram encontradas as três classes de uso e ocupação avaliadas nas proximidades de apenas um dos pontos. Logo, enquanto as áreas de pasto e pasto degradado se encontram próximas ao ponto P3, a área de mata está próxima do ponto P1, ambos na topossequência T3 (figura 57). Todos os pontos encontram-se em uma propriedade particular, cuja principal atividade é a criação de gado de leite.

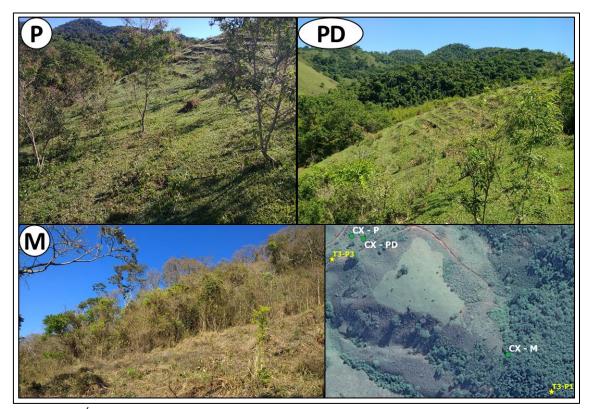


Figura 58 - Áreas de pasto, pasto degradado e mata utilizadas nos ensaios da condutividade hidráulica para a classe de Cambissolo.

As medianas da condutividade hidráulica saturada observadas em campo mostram grande diferença no comportamento do solo sob o uso de mata e sobre os outros dois usos (figura 58).

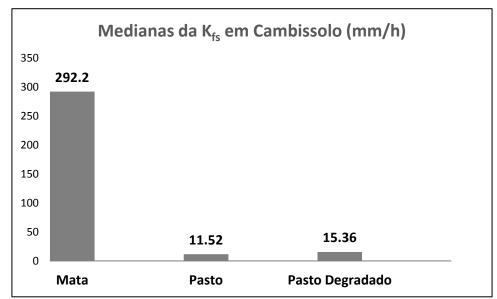


Figura 57 - Medianas das condutividades hidráulicas saturadas observadas em cada classe de uso e ocupação do solo em Cambissolo.

Utilizando os valores dos atributos físicos do solo dos dois pontos de referência (tabela 27), pôde-se realizar análise das componentes principais e dos argumentos para justificar o comportamento observado.

Pontos	K <sub>fs</sub> (mm/h)	Areia(%)	Silte(%)	Argila(%)	VTP(%)
CX - M1	219	43,6	18,9	37,5	55,15
CX - M2	307,2	43,6	18,9	37,5	55,15
CX - M3	292,2	43,6	18,9	37,5	55,15
CX - P1	7,68	36,2	29,8	34,0	51
CX - P2	26,88	36,2	29,8	34,0	51
CX - P3	11,52	36,2	29,8	34,0	51
CX - PD1	7,68	36,2	29,8	34,0	51
CX - PD2	15,36	36,2	29,8	34,0	51
CX - PD3	26,88	36,2	29,8	3,40	51

Tabela 27 - Dados dos ensaios e dos pontos de referência utilizados na análise do Cambissolo.

Apesar das componentes F1 e F2 explicarem 100% da variância dos dados considerados na ACP, a segunda componente contribui muito pouco para a dispersão dos pontos de ensaio (0,57%). Olhando para a tabela 28, evidenciase ainda mais a pequena contribuição de F2 no diagnóstico do comportamento dos escores da figura 59. Ou seja, com valores dos autovetores que chegam a ser, em módulo, cerca de 26 vezes menores que os de F1, essa componente pode ser desconsiderada na avaliação do comportamento apresentado.

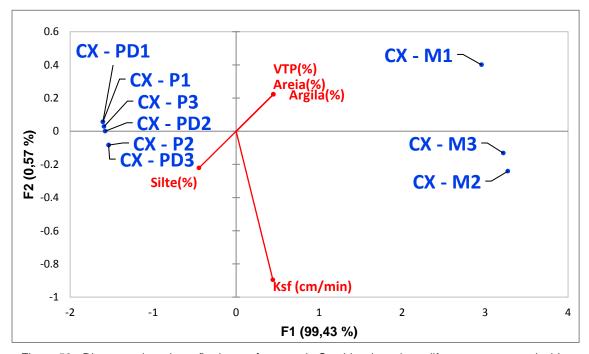


Figura 59 - Diagrama de ordenação dos parâmetros do Cambissolo, sob os diferentes usos, produzidos por ACP, na profundidade de 15 a 20 centímetros.

Tabela 28 - Autovetores das componentes principais F1 e F2 da ACP realizada nos pontos de ensaios e respectivos pontos de referência do Cambissolo.

Variáveis	F1	F2
K <sub>fs</sub>	0,988	-0,151
Areia	0,999	0,037
Silte	-0,999	-0,037
Argila	0,999	0,037
VTP	0,999	0,037

Considerando F1, pode-se afirmar que enquanto os pontos que estão no primeiro e quarto quadrante da figura 59 apresentam maiores valores de areia, argila, VTP e Kfs, os demais apresentam maiores teores de silte. Esse cenário justifica a diferença entre os valores da condutividade hidráulica saturada que está relacionada diretamente com a quantidade e com os tamanhos dos poros. Esse efeito foi observado por Fiori, Campos e Almeida (2010) que, ao avaliar a variabilidade da condutividade hidráulica das principais classes de solo do estado de Goiás, encontraram os valores de Kfs relacionados, principalmente, a estrutura e macroporosidade dos perfis.

Assim como observado por Dec et al. (2017) e Pinto et al. (2018), cujas conclusões relacionam o uso e ocupação do solo com a manutenção da recarga e armazenamento de água, pode-se dizer que a cobertura do solo é um fator que influencia na infiltração das áreas de cambissolo analisadas. Entretanto, essa relação não pode ser atribuída de maneira direta, já que os atributos do solo podem ser alterados de acordo a intensidade da atividade em que está sujeito. Guimarães et al. (2016) notaram que a manifestação de maiores valores de K<sub>fs</sub> pode estar relacionada à dificuldade do acesso e permanência de gado em regiões mais acidentadas e, consequente, menor compactação, o que pôde-se ser evidenciado no ponto CX-M.

Como forma de complementar a ACP, realizou-se a análise dos agrupamentos que resultou na criação de três grupos, que podem ser vistos no dendrograma apresentado na figura 60.

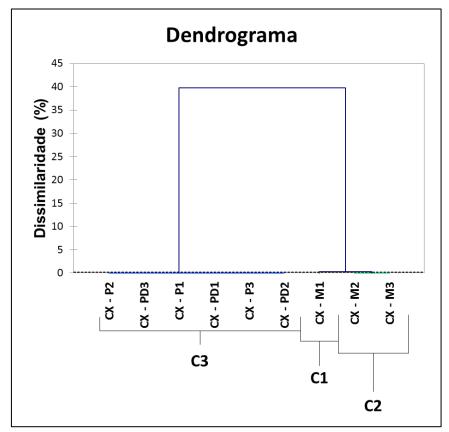


Figura 60 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento feita com os dados coletados nos ensaios de infiltração em Cambissolo e com os atributos do solo dos pontos de referência.

A dissimilaridade entre os grupos C1 e C2 é de 0,25% e entre a combinação desses dois grupos e o C3 é de 39,71%. Além da maior distância entre os dados de mata e os demais, não houve diferenciação entre as outras duas classes de uso e ocupação do solo, ou seja, os dados de pasto e de pasto degradado se encontram na mesma classe, mostrando que a condição de degradação observada em campo não influenciou de maneira negativa nos ensaios realizados, olhando para o gráfico com as medianas da K<sub>fs</sub> (figura 58), os valores encontrados em pasto degradados (16,64 mm/h) foram pouco superiores aos observados em pasto não degradado (15,36 mm/h).

#### 5.3.2. Latossolo Vermelho

Similar ao que ocorreu com o Cambissolo, para os Latossolos foi necessário utilizar dois pontos de referência para que fossem coletados dados para todas as classes de uso e ocupação do solo. Portanto, enquanto o ponto T7-P3 serviu como referência para as áreas de pasto e pasto degradado, o ponto T8-P1 foi utilizado para a mata (figura 61).

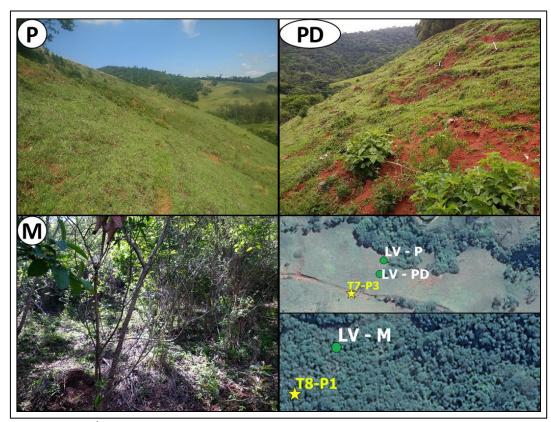


Figura 61 - Áreas de pasto, pasto degradado e mata utilizadas nos ensaios da condutividade hidráulica para a classe de Latossolo Vermelho

Considerando as medianas dos ensaios de infiltração apresentadas na figura 62, nota-se que, diferentemente do comportamento em Cambissolo, os dados em mata apresentaram menores valores de K<sub>fs</sub>, enquanto que valores observados em pasto degradado são cerca de 30% superior aos do pasto, considerando as médias das três repetições.

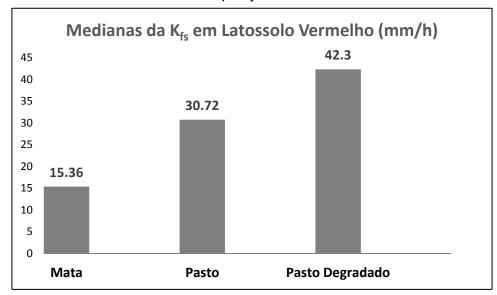


Figura 62 -. Medianas das condutividades hidráulicas saturadas observadas em cada classe de uso e ocupação do solo nos Latossolos.

Como foram utilizados novamente dois pontos de referência, pôde-se fazer a ACP com os valores de infiltração e dos atributos dos solos nos pontos de referência (tabela 29).

Tabela 29 - Dados dos	ensaios e dos	nontos de	referência utilizado	s na análise dos Latossolos.
	cilibatus e uus	pontos de	Telefellola utilizado	s na ananse dos Lalossolos.

Pontos	K <sub>fs</sub> (mm/h)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	VTP (%)
LV - M1	11,52	50,9	20,7	28,4	53
LV - M2	15,36	50,9	20,7	28,4	53
LV - M3	15,36	50,9	20,7	28,4	53
LV - P1	19,2	35,6	25,1	39,4	52,1
LV - P2	30,72	35,6	25,1	39,4	52,1
LV - P3	34,62	35,6	25,1	39,4	52,1
LV - PD1	42,3	35,6	25,1	39,4	52,1
LV - PD2	46,14	35,6	25,1	39,4	52,1
LV - PD3	34,62	35,6	25,1	39,4	52,1

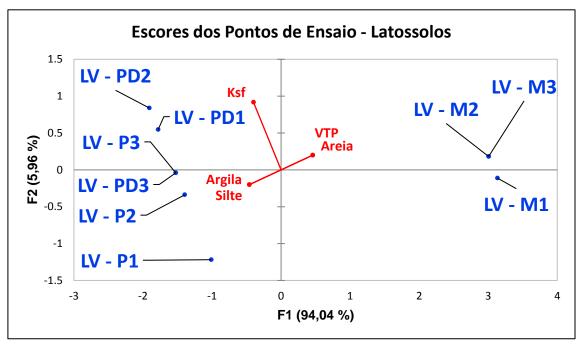


Figura 63 - Diagrama de ordenação dos parâmetros do Latossolo, sob os diferentes usos, produzidos por ACP, na profundidade de 15 a 20 centímetros.

Novamente, as duas componentes principais são responsáveis pela explicação de 100% da variância e há uma superioridade muito evidente na contribuição da componente F1 (94,04%) na dispersão dos escores observados na figura 63. Olhando para os autovetores (tabela 30), pode-se concluir que enquanto F1 relaciona-se de maneira inversamente proporcional com os valores de Ksf, silte e argila, F2 está relacionada de maneira diretamente proporcional à Ksf, areia e VTP.

Tabela 30 - Autovetores das componentes principais F1 e F2 da ACP realizada nos pontos de ensaios e respectivos pontos de referência dos Latossolos.

Variáveis	F1	F2
K <sub>fs</sub>	-0,866	0,501
Areia	0,994	0,109
Silte	-0,994	-0,109
Argila	-0,994	-0,109
VTP	0,994	0,109

Considerando F1 como a componente global da análise das variáveis, os pontos localizados no segundo e terceiro quadrante relacionam-se com o maior teor de argila, silte e K<sub>fs</sub>. Assim, nota-se que, diferentemente do observado no Cambissolo, a maior taxa de infiltração não está relacionada diretamente com a variável VTP. Esse comportamento é justificado pela diferença da cor do solo nos dois pontos de referência.

Apesar dos pontos T7-P3 e T8-P1 terem sido classificados por Lima (2012) como Latossolos, o ponto em mata (T8-P1) trata-se de um Latossolo Bruno e o localizado próximo ao pasto e pasto degradado está em um Latossolo Vermelho. A escolha de um ponto alocado em outra classe de solo é justificada pela ausência de áreas de mata próximas aos pontos de referência em Latossolo Vermelho.

A diferença na cor dos solos analisados é fundamental para explicar o comportamento da infiltração de água no solo sob as diferentes classes de uso e ocupação. Portanto, apesar dos maiores valores de VTP e areia em mata, a presença de maior quantidade de goethita na fração argila indica que o solo apresenta maior deficiência na drenagem e acúmulo de água. Esse comportamento pode ser justificado pela distribuição do tamanho dos poros do solo, ou seja, apesar do maior volume de poros em mata, possivelmente essa condição se dá pela maior parcela dos microporos do que pelos macroporos, que são responsáveis pelo transporte de água no interior dos solos.

O comportamento hidrodinâmico de acordo com a cor do solo foi mostrado pelo estudo de Marques et al. (2004), cujos resultados das análises de um Latossolo Amarelo mostraram baixos valores de condutividade hidráulica e alta capacidade de reter elevado teor de umidade, mesmo quando submetido à altas taxas de sucção.

Mesmo a análise de *clusters* dividindo os ensaios em três grupos, é possível notar uma divisão clara entre os ensaios realizados em mata e os demais (figura 64).

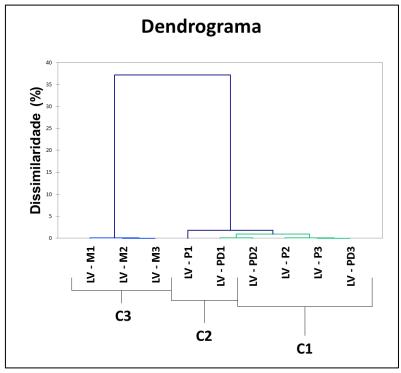


Figura 64 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento feita com os dados coletados nos ensaios de infiltração nos Latossolos e com os atributos do solo dos pontos de referência.

A separação entre o grupo C1 e C2 é fruto de uma pequena dissimilaridade (1,76%), enquanto que entre a combinação de C1-C2 e C3 é resultado de uma dissimilaridade mais de vinte vezes maior (37,19%). Os grupos formados e suas respectivas distancias denotam mais uma vez a similaridade entre os ensaios realizados em pasto e em pasto degradado, o que pode levar à conclusão que não há relevância dessa divisão no que diz respeito ao comportamento hidrodinâmico dos Latossolos estudados.

Os menores valores de Kfs observados em mata justificam a maior dissimilaridade entre o grupo C3 e os demais. Além do fator relacionado à cor e às propriedades do solo na área de mata, sua posição no relevo pode ser outro fator relevante nos resultados obtidos. Conclusão semelhante à obtida por Marques et al. (2008), cujas diferenças nos valores de infiltração mostraram-se relacionadas de maneira mais evidente com o relevo local, do que com a cobertura vegetal.

### 5.3.3. Argissolo Vermelho

Diferentemente dos solos anteriores, foram encontradas as três classes de uso e ocupação do solo próximas ao mesmo ponto de referência (T8-P3) (figura 65). Essa condição foi fundamental para os resultados das análises, já que não há variação nos atributos do solo entre as classes (tabela 31)

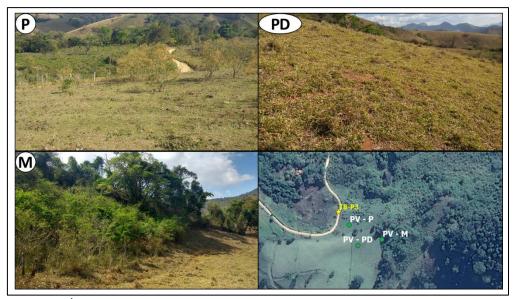


Figura 65 - Áreas de pasto, pasto degradado e mata utilizadas nos ensaios da condutividade hidráulica para a classe de Argissolo Vermelho.

Olhando para as medianas dos valores das condutividades hidráulicas obtidas nos pontos de ensaio, verifica-se homogeneidade entre as classes de mata e pasto degradado e valor cerca de 40% menor em argissolo vermelho sob pasto (figura 66).

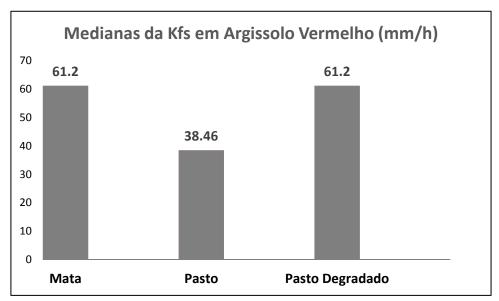


Figura 66 - Medianas das condutividades hidráulicas saturadas observadas em cada classe de uso e ocupação do solo em Argissolo Vermelho;

Pelo fato dos atributos do solo serem os mesmos (tabela 31), não há utilidade na aplicação da ACP nos ensaios, sendo observada variação apenas na variável  $K_{fs}$ .

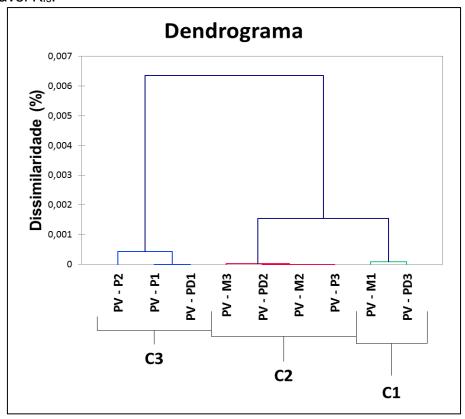


Figura 67 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento feita com os dados coletados nos ensaios de infiltração no Argissolo Vermelho.

Tabela 31 - Dados dos ensaios e do ponto de referência utilizado na análise do Argissolo Vermelho.

Pontos	K <sub>fs</sub> (mm/h)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	VTP (%)
PV - M1	76,8	564	278	158	48,2
PV - M2	61,2	564	278	158	48,2
PV - M3	57,66	564	278	158	48,2
PV - P1	38,46	564	278	158	48,2
PV - P2	23,04	564	278	158	48,2
PV - P3	61,2	564	278	158	48,2
PV - PD1	38,46	564	278	158	48,2
PV - PD2	61,2	564	278	158	48,2
PV - PD3	84,6	564	278	158	48,2

Entretanto, a análise de agrupamentos resulta na confirmação da proximidade dos valores das condutividades hidráulicas, como pode ser visto nos níveis de dissimilaridade entre os grupos (figura 67).

Olhando para as dissimilaridades entre os grupos, fica evidente a proximidade dos dados de K<sub>sf</sub>, o que corrobora para a justificativa de que o comportamento hidrodinâmico dos solos se relaciona de maneira mais clara com seus atributos físicos, do que com o uso e ocupação em si.

Silva et al. (2004) observaram o mesmo fenômeno em um Argissolo Vermelho no Rio Grande do Sul, cuja avaliação mostrou que os atributos físicos relacionados ao armazenamento de água no solo não estão relacionados com a cobertura vegetal e que os diferentes valores de condutividade hidráulica observados estão ligados às diferenças nas texturas dos solos analisados.

### 5.4. Cenários de infiltração na Bacia do Ribeirão José Pereira

Olhando para diminuição da totalidade das antigas APPs de topo de morro, pôde-se estimar o impacto que as alterações do uso e ocupação dessas áreas podem causar na infiltração de água no solo da área de estudo.

As análises foram baseadas em dois cenários, onde, considerou-se a mudança de mata para pasto (cenário 1) e de mata para pasto degradado (cenário 2).

Dentro das áreas de mata das antigas APPs foi observada a ocorrência de Cambissolo, Argissolo Vermelho Amarelo, Argissolo Vermelho, Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho Amarelo. Entretanto, para que fosse possível a avaliação, os Argissolos e Latossolos foram agrupados em duas classes, cujos valores de K<sub>fs</sub> considerados nos cálculos foram as medianas obtidas ensaios com o permeâtro de Guelph para cada uso e ocupação (tabela 32).

Tabela 32 - Classes de solo presentes nas áreas ocupadas por matas nas antigas APPs de topo de morro e valores das condutividades hidráulicas utilizados na criação dos cenários

	K <sub>fs</sub> utilizado nos cenários (mm/h)			
Classes de Solo em Mata	Mata	Pasto	Pasto Degradado	
Cambissolo	292,20	11,52	15,36	
Latossolo	15,36	30,72	42,30	
Argissolo	61,20	38,36	61,20	

Para a análise da redução da capacidade de infiltração, de acordo com as alterações propostas em cada cenário, foram calculadas as alterações nos valores da K<sub>fs</sub> de acordo com as mudanças de uso e ocupação do solo propostas (tabela 33).

Tabela 33 - Alteração da condutividade hidráulica em Cambissolo, Latossolo e Argissoo, de acordo com os dois cenários de alteração de uso e ocupação do solo propostos.

Colo	Mata	Mata Cenário 1 (Mata – Pasto)		Cenário 2 (Mata – Pasto Degradado	
Solo	K <sub>fs</sub> (mm/h)	K <sub>fs</sub> (mm/h)	ΔK <sub>fs</sub> (%)	K <sub>fs</sub> (mm/h)	ΔK <sub>fs</sub> (%)
Cambissolo	292,2	11,52	-96,06	15,36	-94,74
Latossolo	15,36	30,72	100,00	42,3	175,39
Argissolo	61,2	38,46	-37,16	61,2	0,00

Tanto no cenário 1, quanto no cenário 2, as taxas de infiltração aumentaram com a mudança do uso e ocupação do solo em Latossolo e, com excessão do Argissolo sob pasto degradado, diminuíram nas outras classes. Entretanto, para estimar as alterações na capacidade de infiltração total das antigas APPs é preciso considerar as parcelas de cada solo dentro dessas áreas. Para os dois cenários propostos foram calculadas médias ponderas, cujos pesos foram as frações de cada uma das três classes de solo que compõem as áreas avaliadas (Tabela 34).

Tabela 34 - Variação da condutividade hidráulica nas antigas APPs, considerando a contribuição de cada classe de solo nos dois cenários propostos

		Cen	Cenário 1 (Mata – Pasto)		Cenário 2 (Mata – Pasto Degradado)		
Solo	Ocupação	$\Delta K_{\text{fs}}$	ΔK <sub>fs</sub> *Ocupação	∑total	$\Delta K_{\text{fs}}$	ΔK <sub>fs</sub> *Ocupação	∑total
Cambissolo	48,80%	-96,06%	-46,88%		-94,74%	-46,23%	
Latossolo	11,80%	100%	11,80%	-49,72%	175,39%	20,70%	-25,54%
Argissolo	39,40%	-37,16%	-14,64%		0%	0,00%	

Ao considerar as médias ponderadas, nota-se que as mudanças de mata para pasto e para pasto degradado seriam responsáveis pela diminuição de cerca de 50% e 25% da capacidade de infiltração na área estudada, respectivamente.

Sabendo que as antigas APPs que ainda estão ocupadas por mata somam cerca de 609 hectares, correspondendo a cerca de 15% da Bacia do Ribeirão José Pereira, pode-se ampliar a análise e quantificar as reduções calculadas anteriormente no contexto total da área de estudo, através do produto entre os valores de ΔK<sub>fs</sub> e a fração dessas áreas na bacia (15,3%) (tabela 35).

Tabela 35 - Redução na capacidade de infiltração da Bacia do Ribeirão José Pereira, de acordo com os dois cenários propostos

	Cenário 1	Cenário 2
$\Delta K_fs$	-49,72%	-25,54%
$\Delta K_{fs \; total}$	-7,6%	-3,9%

Os resultados mostram que as alterações nas delimitações das APPs de topo de morro poderiam contribuir para a diminuição de 7,6% e de 3,9% da capacidade de infiltração da bacia do Ribeirão José Pereira, considerando os dois cenários.

## 6. Conclusão

Diante do que foi observado por meio das análises das legislações, da topografia e hidrografia, verificou-se um potencial de perda de cerca de 92% do total das APPs geradas pelos rios, lagos e topos de morro, na área de estudo. Porém, destaca-se que, segundo os critérios apresentados pelo atual código florestal, não existem elevações que possam ser classificadas como morros ou montanhas, o que resulta na diminuição da totalidade das APPs geradas por esses critérios.

Foram observadas dez classes de uso do solo na bacia, sendo as áreas de mata e pasto responsáveis por 44,35% e 21,81% da ocupação total da área de estudo, respectivamente.

Na análise do uso conflitivo do solo, ao considerar a legislação vigente, foi verificado que 42,55% das APPs (31,17 ha) estão ocupadas por mata, sendo necessário recompor cerca de 42 hectares. Já, olhando para o código florestal de 1965, a ocupação de matas é de 60,75%, o que resulta em cerca de 770 hectares de APP com uso adequado. Esse resultado é originado das APPs de topo de morro que foram identificadas na área, que se apresentam em bom estado de conservação, na medida que estão localizadas em áreas de difícil acesso e na Reserva Biológica da Serra dos Toledos.

Os ensaios de infiltração apresentaram diferentes resultados para os três solos avaliados. Enquanto o comportamento hidrodinâmico do Cambissolo pareceu relacionado com a cobertura vegetal, ou seja, maiores valores de  $K_{fs}$  em mata, como sugere a literatura, o Latossolo Vermelho e o Argissolo Vermelho tiveram condutividades hidráulicas saturadas independentes do uso e ocupação do solo.

Entretanto, em todos os solos foi possível relacionar os resultados com os atributos físicos, ou seja, os maiores valores de K<sub>fs</sub> apresentados pelo Cambissolo em mata são em um perfil com maior teor de argila, areia e VTP, o Argissolo Vermelho apresentou homogeneidade por tratar-se de um mesmo perfil e o Latossolo em mata teve menor taxa de infiltração por tratar-se de um solo com coloração bruna, o que pode indicar uma região com drenagem mais lenta, que pode ser causada pelo predomínio dos poros de menor diâmetro no volume de poros totais.

Estimou-se as alterações na capacidade de infiltração nas antigas APPs de topo de morro, caso as áreas de mata fossem substituídas por pasto ou pasto degradado, mostrando que essas duas mudanças poderiam causar a diminuição de 7,6% e 3,9% da infiltração total da bacia do Ribeirão José Pereira.

Deste modo, fica evidente que mesmo que todas as APPs da bacia estejam de acordo com as determinações do código florestal atual, áreas de maior vulnerabilidade, como as antigas APPs de topo de morro, estariam sujeitas às alterações no uso e ocupação do solo, podendo causar impactos adversos às populações residentes, relacionados à erosão e à perda de áreas de recarga de água subterrânea.

# 7. Referências Bibliográficas

ADDINSOFT, S. A. R. L. XLSTAT software, version 2017. Paris, France, 2017. Disponível em: < https://help.xlstat.com/customer/en/portal/articles/2062323-installing-xlstat-on-windows?b\_id=9202>. Acesso em: 20 nov. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água. Brasília, DF, 2010. Disponível em: < http://atlas.ana.gov.br/Atlas/fo\_rms/Hom e.as px>. Acesso em: 7 dez. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Outorga de uso de água em rios federais. Brasília, DF, 3 mar. 2016. Disponível em: < http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/acessotematico/regulacao-e-fiscalizacao>. Acesso em: 25 nov. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Atlas Esgotos. Brasília, DF, set. 2017a. Disponível em: < http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>. Acesso em: 7 dez. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Conjuntura dos recursos hídricos do Brasil 2017. Brasília, DF, dez. 2017b. Disponível em: < http://conjuntura.ana.gov. br/>. Acesso em: 17 maio 2018.

ALARCONI, G. G.; FANTINI, A. C.; SALVADOR, C. H. Benefícios locais da Mata Atlântica: evidências de comunidades rurais do sul do Brasil. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 87-110, 2016. Diponível em: < http://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n3/pt\_1809-4422-asoc-19-03-00087.pdf>. Acesso em: 14 maio 2018.

ALVARENGA, C. C.; MELLO, C. R.; MELLO, J. M.; SILVA, A. M.; CURY, N. Índice de qualidade do solo associado à recarga de água subterrânea na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1608-1619, 2012. Disponível em: <a href="http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n5/25.pdf">http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n5/25.pdf</a> >. Acesso em: 25 maio 2017.

AZEVEDO, R. E. S.; OLIVEIRA, V. P. V. Reflexos do novo Código Florestal nas Áreas de Preservação Permanente – APPs – urbanas. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 29, p. 71-91, 2014. Disponível em: <a href="http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/in dex.php/made/article/view/32381>Acesso em: 15 nov. 2016.">http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/in dex.php/made/article/view/32381>Acesso em: 15 nov. 2016.</a>

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BONAMIGO, A.; SCHIMALSKI, M. B.; SOARES, P. R. C.; LIESENBERG, V.; SOUZA, T. R.; BOESING, T. L. S. Changes in permanente preservation áreas in rural properties of the Santa Catarina Southern plateau according to the laws No. 4,771 and 12,651. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 2, p. 1-6, 2017. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/cr/v47n2/1678-4596-cr-47-02-e2016 0489.p df>. Acesso em: 22 jan. 2018

BRASIL. Decreto nº 8.843, de julho de 1911. Dispõe sobre à criação de reserva florestal no Estado do Acre. **Diário Oficial República da Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, 26 jul. 1911. Disponível em: < http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1910-1919/decreto-8843-26-julho-1911-579259-republicacao-10 2184-pe.html>. Acesso em: 19 jan. 2018.

BRASIL. Lei no 3.071, de 1 de janeiro de 1916. Institui o Código Civil dos Estados Unidos do Brasil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, 1 jan. 1916. Disponível: < http://www.planalto.gov.br/Ccivil\_03/le i s / L 307 1.htm>. Acesso em: 18 jan. 2018.

BRASIL. Lei nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, 23 jan. 1934. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/decreto/1930-1949/ d2 3 7 93.htm>. Acesso em: 18 jan. 2018.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo. Brasília, DF, 15 dez. 1965. Disponível em: <a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/Leis/L4771.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/Leis/L4771.htm</a> >. Acesso em: 25 nov. 2015.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: < http://www.planalto.g ov.br/ccivil 03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 19 nov. 2017.

BRASIL. Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 ago. 2001. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/mpv/2166-67.htm>. Acesso em: 19 nov. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA no 302, de 20 de março de 2002a. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <a href="http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html">http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html</a>. Acesso em: 25 nov. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002b. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <a href="http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html">http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html</a>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação

Permanente-APP. Disponível em: <a href="http://www.mma.gov.br/port/co">http://www.mma.gov.br/port/co</a> nama/l egiabre.cfm?codlegi=489>. Acesso em: 15 nov. 2016.

BRASIL. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasi**l, Poder Executivo. Brasília, DF, 22 jul. 2008. Disponível em: <a href="https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03">https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03</a> /\_ato2007-2010/2008/decreto/D6514.htm>. Acesso em: 15 nov. 2016.

BRASIL. Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida — PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941, as Leis nº 4.380, de 21 de agosto de 1964, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 10.257, de 10 de julho de 2001, e a Medida Provisória nº 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo. Brasília, DF, 7 jul. 2009. Disponível em: < https://www.plnaalto.gov.br/ccivil\_ 03/\_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm>. Acesso em: 25 nov. 2015.

BRASIL. Senado Federal. Secretaria Especial de Comunicação Social. **Revista de audiências públicas do Senado Federal**. ano 9. n. 2. Brasília, DF: Secretaria Jornal do Senado, dez. 2011. p. 84. Disponível em: < http://www.senado.gov.br/noticias/jornal/emdiscussao/Upload/201105%20-%20dezembro/pd f/em%20discuss%C3%A3o!\_dezembro\_2011\_internet.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2015

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo. Brasília, DF, 25 maio 2012. Disponível em:<a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2011-2014/2012/l">http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2011-2014/2012/l</a> ei/l12651.htm >. Acesso em: 25 nov. 2015.

CAMPAGNOLO, K.; SILVEIRA, G. L.; MIOLA, A. C.; SILVA, R. L. L. Área de preservação permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 831-842, jul./set. 2017. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/cflo/v27n3/1980-5098-cflo-27-03-00831.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; JÚNIOR, S. S.; FILHO, M. R. R.; COSTA, E. U. C. Segmentos de vertente e atributos do solo de uma topossequência na região de Manicoré, AM. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 501-510, out./dez. 2010. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/r ca/v41n 4 / v41n4a01.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2018.

- CARBON DISCLOSURE PROJECT. Global Water Report 2016, nov. 2016. Disponível em: < https://b8f65cb373b1b7b15feb-c70d8ead6ced 550b4d987d7c 03fcdd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/001/306/original/CD P-Global-Water-Report-2016.pdf?1484156313%20https://www.theguardi an.com/sustainable-business/2016/nov/15/drought-floods-water-cost-study-morroccoclimate-summit>. Acesso em: 17 maio 2018.
- CARNEIRO, J. J.; CARDOSO, I. M.; SILVA, A. L. M. S.; FERRARI, L. T.; PONTES, L. M.; FERNANDES, R. B. A.; CARVALHO, A. F.; FERNANDES, E. I. Agricultores afirmam: a água aumenta com a transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 52-58, jul. 2015. Disponível em: <a href="http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/16802/12661">http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/16802/12661</a>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- CHAVES, H. M. L.; BRAGA, B.; DOMINGUES, A. F.; SANTOS, D. G. Quantificação dos benefícios ambientais e compensações financeiras do "Programa do Produtor de Água" (ANA): II. Aplicação. 2016. Disponível em: <a href="https://extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/trabalhos/artigo\_cientifico/A">https://extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/trabalhos/artigo\_cientifico/A</a>. Cient.Chaves%20et% 20al.\_2.pdf>. Acesso em: 14 maio 2018.
- CLEARLY, R. W. Águas Subterrâneas. 1. ed. Tampa, FL: Clean Environment Brasil, 2007. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n1/v14n01a0 8.pdf>. Acesso em: 23 maio 2017.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAPUCAÍ. Informações sobre a bacia do Rio Sapucaí. **Site oficial**. Disponível em: < http://www.cbhsapucai.or g .br/cbh/Pagina.do?idSecao=15>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Deliberação Normativa CERH-MG nº 9, de junho de 2004. Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 16 jun. 2004. Disponível em: < http://www.siam.mg.gov.br/sla/downloa d.pdf?idNorma=209>. Acesso em: 19 jan. 2018.
- CUPPINI, D. M.; DECIAN, V; ROVANI, I. L; QUADROS, F. R.; ZOTTI, N. C. Análise das áreas de preservação permanente em uma propriedade rural sob o enfoque do Código Florestal Federal (Brasil 1965) e Lei 12.727/2012. **Perspectiva**, Erechim, v. 36, n. 135, p. 41-51, 2012. Disponível em: <a href="http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/135\_288.pdf">http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/135\_288.pdf</a>. >Acesso em: 15 nov. 2016.
- DEC, D.; ZÚNIGA, F.; THIERS, O.; PAULINO, L.; VALLE, S.; VILLAGRA, V.; TADICH, I.; HORN, R.; DORNER, J. Water and temperature dynamics of Aquands under different uses in southern Chile. **Journal od soil science and plant nutrition**, Temuco, v. 17, n. 1, p. 141-154, mar. 2017. Disponível em: <a href="https://scielo.conicyt.cl/pdf/jsspn/v17n1/aop1117.pdf">https://scielo.conicyt.cl/pdf/jsspn/v17n1/aop1117.pdf</a>>. Acesso em: 8 jan. 2018.
- DINIZ, T.; FILHO, J. B. F. Impactos econômicos do código florestal brasileiro: uma discussão à luz de um modelo computável de equilíbrio geral. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 53, n. 2, p. 229-250, abr./jun. 2015.

- Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/resr/v53n2/1806-9479-resr-53-02-002 29.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: **REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS**, 1979, Rio de Janeiro. 1979. 83 p. Disponível: < http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu\_i000 0673 9\_001.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 20p. Disponível em: < http://livraria.sct.embrapa.br/liv\_resumos/pdf/000 530 80.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; FIEDLER, N. C.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. G.; SOARES, V. P.; GLERIANI, J. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente do estado do Espírito Santo, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 897-906, jul./set. 2017. Disponível em: < http://www.scielo.br/p df/cfl o/v27 n3/1980-5098-cflo-27-03-00897.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- FERREIRA, D. F. **Estatística Multivariada**. Lavras: UFLA, 2008, 662 p. Disponível em: < http://www.dex.ufla.br/~danielff/meusarquivospdf/prefacioem.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2017.
- FIORI, J. P. O.; CAMPOS, J. E. G.; ALMEIDA, L. Variabilidade da condutividade hidráulica das principais classes de solos do estado de Goiás. **Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 229-235, 2010. Disponível em: <a href="http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7152/6597">http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7152/6597</a>>. Acesso em: 1 mar. 2018.
- FRANCELINO, M. R.; SILVA, J. A. Impacto da Inclinação Média na Delimitação de Área de Preservação Permanente. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 4, p. 441-448, 2014. Disponível em: <a href="http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n4/a">http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n4/a</a> op\_floram\_060913.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- GAVA, R.; FREITAS, P. S. L.; FARIA, R. T.; REZENDELL, R.; FRIZZONE, J. A. Soil water evaporation under densities of coverage with vegetable residue. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 89-98, fev. 2013. Dlsponível em: <a href="http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0100-69162013000">http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0100-69162013000</a> 10 0010&lang=pt>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- GOOGLE INC. Google Earth Pro. Version 7.1.8.3036 (32-bit): Google Inc, 2017. Disponível em: < https://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>. Acesso em: 17 jan. 2017.
- GUIMARÃES, W. D.; JUNIOR, J. G.; MARQUES, E. A. G.; SANTOS, N. T.; FERNANDES, R. B. A. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 247-255, abr./jun. 2016. Disponível em: <

http://www.scielo.br/pdf/rca/v47n2/1806-6690-rca-47-02-0247.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.

IMPÉRIO DO BRASIL. Lei Imperial nº 601, de 18 de setembro de 1850. Dispõe sobre as terras devolutas do Império. **Secretaria de Estado dos Negócios do Império**, Rio de Janeiro, 20 set. 1850. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/Leis/L0601-1850.htm>. Acesso em: 7 dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Departamento Geográfico do Estado de Minas Gerais: Censo Agropecuário 2006 de Itajubá – MG. Rio de Janeiro, IBGE, 2006. Disponível em:<a href="http://cidades.ibge.gov.br/xtras/csv.php?lang=&idtema=3&codmun=313240">http://cidades.ibge.gov.br/xtras/csv.php?lang=&idtema=3&codmun=313240</a>. Acesso em: 8 nov. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Departamento Geográfico do Estado de Minas Gerais: Censo Demográfico 2010 de Itajubá – MG. Rio de Janeiro, IBGE, 2010. Características da População. Disponível em:<a href="http://cidades.ibge.gov.br/xtras/csv.php?lang=&idte">http://cidades.ibge.gov.br/xtras/csv.php?lang=&idte</a> ma= 90&codmun=313240>. Acesso em: 8 nov. 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Bases cartográficas: Hidrografia Monitorada**. Belo Horizonte, 2014. Arquivos vetoriais. 5 Mb. Disponível em: < http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/mapas-e-bases-cartograficas/bases-cartograficas/hidrografia-monitorada/8473-hidrografia-monitorada>. Acesso em: 8 nov. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Núcleo de Estudos e Estatísticas Cadastrais. Relação total de imóveis rurais do Brasil, abr. 2012. Disponível em: < http://www.incra.gov.br/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/estatisticas-cadastrais/file/1250-relacao-total-de-imoveis-rurais-brasil-abril-2012>. Acesso em: 16 jan. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Índices Básicos de 2013, jan. 2015. Disponível em: <a href="http://www.incra.g">http://www.incra.g</a> ov.br/sites/d efault/files/uploads/estruturaundiaria/regularizacao-fundiaria/indices-cadastrais /indices\_basicos\_2013\_por\_municipio.pdf>. Acesso em: 17 maio 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos, 2008. 75 p. Disponível em: < http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/20 0 8 /07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Divisão de geração de imagens: imagem do satélite landsat 8. São José dos Campos, 2016. 1 imagem. Sensor OLI. Órbita 218. Ponto 76. 7 dez. 2016. Disponível em: < http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>. Acesso em: 6 jun. 2017.

ITAJUBÁ. Prefeitura Municipal. Lei Municipal nº 1.211, de 5 de junho de 1979. Dispõe sobre a criação e denominação de área de Preservação Permanente e dá outras providências. Disponível em: < http://consulta.siscam.com.br/camaraitajuba/arquivo?Id=23746>. Acesso em: 7 dez. 2017.

ITAJUBÁ. Prefeitura Municipal. Lei Municipal nº 2.088, de 3 de setembro de 1996. Dispõe sobre mudança de denominação de unidade de conservação ambiental. Disponível em: < http://consulta.siscam.com.br/camaraitajuba/arquivo? Id=25147>. Acesso em: 7 dez. 2017.

ITAJUBÁ. Lei nº 2424, de 30 de dezembro de 2003. Plano Diretor de Desenvolvimento de Itajubá. Itajubá, Prefeitura Municipal de Itajubá, 2003. Disponível em: < http://www.itajuba.mg.gov.br/semu p plano\_diretor.php >. Acesso em: 3 out. 2016.

ITAJUBÁ. Prefeitura Municipal. Aspectos Físicos e Geográficos. **Site Oficial**. 2013. Disponível em: < http://www.itajuba.mg.gov.br/cidade/fis \_geo.p hp>. Acesso em: 10 jun. 2016.

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 353-360. Disponível em: < http://www.scielo.br/p df/e sa /v2 0n3/1413-4152-esa-20-03-00353.pdf>. Acesso em: 14 maio 2018.

LIMA, O. Distribuição dos solos em catenas e mapeamento pedológico de subbacia piloto na região de Itajubá-MG. 2012. 139 f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá. Disponível em: <a href="https://saturno.unifei.edu.br/bim/0040320.pdf">https://saturno.unifei.edu.br/bim/0040320.pdf</a>>. Acesso em: 6 out. 2017.

MAGALHÃES, V. L.; CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T. Dinâmica físico-hídrica de um sistema pedológico latosol-nitosol. **Mercator**, Fortaleza, v. 16, p. 1-19, fev. 2018. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/mercator/v16/en\_1984-2201-me rcator-16-e16022.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2018.

MARQUES, J. D. O.; LIBARDI, P. L.; TEIXEITA, W. G.; REIS, A. M. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um Latossolo Amarelo, na região Amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 2, p. 145-154, maio 2004. Disponível em: <a href="http://www.scielo.br/pdf/aa/v34n2/v34n2a01.pdf">http://www.scielo.br/pdf/aa/v34n2/v34n2a01.pdf</a>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

MARQUES, J. D. O.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M.; JUNIOR, O. F. C.; MARTINS, G. C. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturada utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência com diferentes coberturas vegetais no Baixo Amazonas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 193-206, maio 2008. Disponível em: < https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstr eam/d oc/683199/1/v38n2a02.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2017.

MENDONÇA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F.; FRANCA, R. M.; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo.

- **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 89-98, 2009. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n1/v14n1a10.pdf>. Acesso em: 23 maio 2017.
- NERY, C. V. M.; BRAGA, F. L.; MOREIRA, A. A.; FERNANDES, F. H. S. Aplicação do novo código florestal na avaliação das áreas de preservação permanente em topo de morro na sub-bacia do Rio Canoas no município de Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 6, p. 1673-1688, nov. 2013. Disponível em: < https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/vie w/ 232996/26946>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- OLIVEIRA, J. B. Pedologia aplicada. 3.ed. Piracicaba: FEALQ, 2008. 592p
- OLIVEIRA, L. L.; COSTA, R. F.; SOUSA, F. A. S.; COSTA, A. C. L.; BRAGA, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 9, p. 723-732, dez. 2008. Disponível em: <a href="http://www.scielo.br/pdf/aa/v38n4/v38n4a16">http://www.scielo.br/pdf/aa/v38n4/v38n4a16</a>>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- OLIVEIRA, G. C.; FERNANDES, E. I. Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileira utilizando sistemas de informação geográfica. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. Diponível em: < http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0938.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- PEREIRA, P. H.; CORTEZ, B. A.; TRINDADE, T.; MAZOCHI, M. N. **Conservador das Águas**. 2010. 136p. Disponível em: <a href="http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/Livro-Conservador-20101.pdf">http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/Livro-Conservador-20101.pdf</a>>. Acesso em: 17 maio 2018.
- PEREIRA, C. R.; VALCARCEL, R.; BARBOSA, R. S. Quantificação da chuva oculta na Serra do Mar, estado do Rio de Janeiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1061-1073, out./dez. 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/cflo/v26n4/0103-9954-cflo-26-04-01061.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- PINTO, L. C.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; POGGERE, G. C.; OWENS, P. R.; CURI, N. A hydropedological approach to a mountainous Clayey Humic Dystrudept in the Mantiqueira Range, southeastern Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 75, n. 1, p. 60-60, jan./fev. 2018. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/sa/v75n1/0103-9016-sa-75-01-0060.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 495-505, set. 2012. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/cern e/v18n 3/a18v18n3.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2018.

- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2007. 322p.
- ROCHA, V. M.; CORREIA, F. W. S.; SILVA, P. R. T.; GOMES, W. B.; VERGASTA, L. A.; MOURA, R. G.; TRINDADE, M. S. P.; PEDROSA, A. L.; SILVA, J. J. S. Reciclagem de precipitação na bacia amazônica: o papel do transporte de umidade e da evapotranspiração da superfície. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 387-398, jul. 2017. Disponível em: < htt p://w ww. scieo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0102 77862017000300387&lang =p t>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; MENDONÇA, L. A. R.; ARAÚJO, J. C.; PALÁCIO, H. A.; ARAÚJO, E. M. Respostas hidrológicas em pequenas bacias na região semiárida em função do uso do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n. 3, p. 312-318, jan 2013. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n3/10.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- SANTOS, G. L.; PEREIRA, M. G.; LIMA, S. S.; CEDDIA, M. B.; MENDONÇA, V. M. M.; DELGADO, R. C. Curvatura da superfície e seu efeito na variabilidade espacial dos atributos do solo, Pinheiral RJ/BR. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 4, p. 431-438, out./dez. 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/cern e/v22n 4 / 23 17-6342-cerne-22-04-00431.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Documentos Interessantes: ofícios do Capitão General Antônio Manoel de Melo Castro Mendonça. Carta Régia de 13 de março de 1797, São Paulo: **Departamento do arquivo do Estado de São Paulo**, v. 87, n. 4, 1963. 272 p. Disponível em: <a href="https://bibdig.biblioteca.u">https://bibdig.biblioteca.u</a> nesp.br/bd/bfr/or/10.5016\_10-ORDCISP-62-87\_volume\_87/#/234/>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Documentos Interessantes: ofícios do Capitão General Antônio Manoel de Melo Castro Mendonça. Carta Régia de 13 de março de 1799, São Paulo: **Departamento do arquivo do Estado de São Paulo**, v. 87, n. 4, 1963. 272 p. Disponível em: < https://bibdig.biblioteca.u nesp.br/bd/bfr/or/10.5016\_10-ORDCISP-62-87\_volume\_87/#/160/>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Sistema Integrado de Informação Ambiental. Belo Horizonte, jan. 2018. Disponível em: < http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/index .j s p>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- SHERMAN, G. E.; SUTTON, T.; BLAZEK, R.; HOLL, S.; DASSAU, O.; MORELY, B.; MITCHELL, T.; LUTHMAN, L. 2016. Quantum GIS User Guide Version 2.18.2. Dsiponível em: <a href="https://qgis.org/en/site/">https://qgis.org/en/site/</a>>. Acesso em: 28 mar. 2016.
- SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência**

- **Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 544-552, maio/jun. 2005. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/%0D/cr/v35n3/a09v35n3.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2018.
- SOIL MOISTURE. **Guelph permeameter:** operating instructions. Santa Barbara: Soil Moisture Equipment Corporation, 2012. 60p. Disponível em: < https://www.soilmoisture.com/GUELPH-PERMEAMETER-KIT/>. Acesso em: 6 jun. 2017.
- TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015. Disponível em: <a href="http://www.sciel.o.br/pdf/ea/v29n84/0103-4014-ea-29-8400151.pdf">http://www.sciel.o.br/pdf/ea/v29n84/0103-4014-ea-29-8400151.pdf</a> >. Acesso em: 28 mar. 2016.
- THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V. Rain interception in a secondary fragmente od araucaria forest with faxinal, Guaraouava-PR. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 3, p. 363-369, set. 2015. Disponível em: <a href="http://www.scielo.br/pdf/cerne/v21n3/2317-634">http://www.scielo.br/pdf/cerne/v21n3/2317-634</a> 2-cerne-21-03-00363.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- TOGASHI, H. F.; MONTEZUMA, R. C. M.; LEITE, A. F. Precipitação incidente e fluxo de atravessamento das chuvas em três estágios sucessionais de floresta atlântica no maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 907-917, out. 2012. Disponível em: <a href="http://www.scielo.br/pdf/rarv/v36n5/13.pdf">http://www.scielo.br/pdf/rarv/v36n5/13.pdf</a>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- TONELLO, K. C.; GASPAROTO, E. A. G.; SHINZATO, E. T.; VALENTE, R. O. A.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em diferentes formações florestais na floresta nacional de Ipanema. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 383-390, abr. 2014. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rarv/v38n2/20.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2018.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. 943 p.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soil Survey Manual**. Washington, DC: Government Printing Office, mar. 2017, 639 p. Disponível em: <a href="https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/d">https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/d</a> tail/soils/ref/?cid=nr cs142p2\_0 54 262>. Acesso em: 6 jun. 2017.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUCAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <a href="http://www.dps.ufv.br/?page\_id=742">http://www.dps.ufv.br/?page\_id=742</a>>. Acesso em: 07 de dez. de 2017.
- VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.

14 n. 1, p. 55-64, 2010. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n1/v14n01a08.pdf>. Acesso em: 23 maio. 2017.

WAINER, A. H. Legislação ambiental brasileira: evolução histórica do direito ambiental. **Revista de informação legislativa**, Brasília, v. 88, n. 3, p. 19-26, abr./jun. 1993. Disponível em: < http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstre am/handle/id/176003/000468734.pdf?sequence=1>. Acesso em: 7 dez. 2017.

ZANATTA, F. A. S.; CUNHA, C. M. L.; BOIN, M. N. Análise da aplicação do atual código florestal na alta bacia do Ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP). **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 36, p. 203-214, mar. 2014. Disponível em: < http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/31 80/ 2674>. Acesso em: 19 jan. 2018.