



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNESP - CAMPUS PRESIDENTE PRUDENTE

ALINE APARECIDA DOS SANTOS

ESTIMATIVA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO PONTAL DO  
PARANAPANEMA-SP E SUA RELAÇÃO COM A COBERTURA E USO DA TERRA

Presidente Prudente – SP  
Outubro/2018

ALINE APARECIDA DOS SANTOS

ESTIMATIVA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO PONTAL DO  
PARANAPANEMA-SP E SUA RELAÇÃO COM A COBERTURA E USO DA TERRA

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho FCT/UNESP – Presidente Prudente, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha.

Presidente Prudente - SP  
Outubro/2018

S237e

Santos, Aline Aparecida dos

Estimativa de escoamento superficial no Pontal do  
Paranapanema-SP e sua relação com a cobertura e uso da terra /  
Aline Aparecida dos Santos. -- Presidente Prudente, 2018  
98 f. : il., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente  
Orientador: Paulo Cesar Rocha

1. escoamento superficial. 2. modelos hidrológicos. 3. variabilidade.  
4. uso da terra. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de  
Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** ESTIMATIVA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO PONTAL DO PARANAPANEMA-SP E SUA RELAÇÃO COM A COBERTURA E USO DA TERRA

**AUTORA:** ALINE APARECIDA DOS SANTOS

**ORIENTADOR:** PAULO CESAR ROCHA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em GEOGRAFIA, área:  
Produção do Espaço Geográfico pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. PAULO CESAR ROCHA  
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente



Profa. Dra. ISABEL CRISTINA MOROZ GACCIA GOUVEIA  
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente



Prof. Dr. EDUARDO SOUZA DE MORAIS  
Departamento de Geografia / Universidade Estadual de Maringá

Presidente Prudente, 05 de julho de 2018

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha família,  
pelo apoio durante o curso de mestrado.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento da pesquisa através do Projeto Temático *“Mapeamento e Análise do Território do Agrohidronegócio Canavieiro no Pontal do Paranapanema-São Paulo-Brasil: Relações de trabalho, conflitos e formas de uso da terra e da água, e a saúde ambiental”* (Processo 2012/23959-9).

Ao Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha pela paciência e disponibilidade durante os anos de orientação!

Aos meus pais, Waldir Monteiro dos Santos e Maria Dilma dos Santos, pela paciência, dedicação, apoio financeiro e emocional, que foram de fundamental importância para a conclusão do curso. E ao meu irmão Altair Alexandre dos Santos, que embora um pouco distante, dedicou seu apoio.

Aos professores da Pós-Graduação e da Graduação em Geografia da FCT/UNESP, pelos ensinamentos passados dentro e fora da sala de aula, estes que foram e são essenciais na construção da minha trajetória acadêmica.

Às amigas Camila, Marleide, Fernanda, Jéssica e Lara pelo convívio e apoio desde os tempos da graduação. E aos amigos de curso Gustavo, Luzia (Luly), Aline (Kura), Heloísa (Helô), Renata (Hair) e Janaína (Jana) pelos momentos de descontração dentro e fora da universidade!

Aos amigos do Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da FCT/UNESP, Gustavo, Bia, João Paulo, Jhonatan, Nany e Mariana por deixarem a vida ‘corrida’ da academia mais leve! Obrigada também pelas contribuições na minha pesquisa.

Aos colegas e amigos de turma do mestrado profissional, pelo convívio, troca de experiências e momentos divertidos durante o curso.

Aos funcionários da Seção Técnica de Pós-Graduação pelo apoio técnico durante o curso, em especial à Cinthia pela paciência ao tirar todas as dúvidas que apareceram ao decorrer do mestrado (e por tornar as visitas a ‘seção de pós’ mais divertidas).

E a todos com quem tive contato durante esses anos na UNESP e que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho.

**Muito Obrigada!**

## EPÍGRAFE

*Passei por essas plácidas colinas  
e vi das nuvens, silencioso, o gado  
pascer nas solidões esmeraldinas.*

*Largos rios de corpo sossegado  
dormiam sobre a tarde, imensamente,  
— e eram sonhos sem fim, de cada lado.*

*(Cenário – Cecília Meireles)*

## RESUMO

O presente trabalho pretendeu estimar por meio de um modelo hidrológico os processos de escoamento superficial na região do Pontal do Paranapanema-SP em diferentes períodos hidrológicos, considerando as mudanças na cobertura e uso da terra na região ao longo dos anos. Para tanto, foi utilizado o modelo hidrológico Curve Number, que estima o escoamento superficial a partir da precipitação, da umidade antecedente do solo e da relação entre a cobertura da terra e a capacidade de infiltração do solo. Para gerar o modelo, definiram-se os anos de 1962 e 2014 com base em períodos hidrológicos já estabelecidos pela literatura. Na elaboração do modelo, foram utilizados os totais anuais de precipitação da região para os anos escolhidos, o mapa pedológico e os mapas de cobertura e uso da terra do período. O modelo foi gerado através de álgebra de mapas com o auxílio de um SIG. A análise dos mapas de escoamento superficial permitiu identificar áreas da bacia que sofreram alterações no escoamento superficial em função das mudanças da cobertura e uso da terra, bem como indicar as áreas que tiveram maior grau de escoamento.

**Palavras-chave:** escoamento superficial, modelos hidrológicos, variabilidade, uso da terra.



## **ABSTRACT**

Considering the changes in Pontal do Paranapanema land use over the years, this dissertation aimed to estimate the surface runoff processes in the region in different hydrological periods through a hydrological model. In order to do so, it was used the Curve Number hydrological model, which estimates the surface runoff create by precipitation, soil moisture and the relationship between land cover and soil infiltration capacity. It were defined 1962 and 2014 years to generate the model, based on hydrological periods already established in the literature. In the elaboration of the model, the annual precipitation totals for the selected years, the pedological map and the land use maps of the period were used. The model was generated through map algebra technic with the aid of a GIS. The surface runoff maps analysis allowed to identify areas of the basin that suffered changes in the surface runoff due to changes in land use, and to indicate the areas that had the highest surface runoff.

**Key words:** surface runoff, hydrological models, variability, land use.

## Sumário

LISTA DE QUADROS .....	I
LISTA DE FIGURAS .....	II
LISTA DE EQUAÇÕES .....	III
LISTA DE SIGLAS .....	IV
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo Geral .....	15
2.2. Objetivos específicos .....	15
3. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	16
3.1. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica .....	16
3.2. Precipitação e Variabilidade Climática .....	18
3.3. Mecanismos de Geração de Escoamento Superficial .....	21
3.4. Hidrologia e Modelos Hidrológicos .....	25
3.4.1. Método Curve Number .....	27
5. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	34
5.1 Períodos Hidrológicos e Mudança da Cobertura e Uso da Terra.....	34
5.2 Dados Pluviométricos .....	34
5.3. Levantamento das informações sobre o meio físico e cobertura e uso da terra da UGRHI-22.....	38
5.4. Organização dos dados e elaboração do modelo de escoamento superficial .....	41
4. ÁREA DE ESTUDOS .....	44
4.1. Meio Físico .....	44
4.2. Processo de Ocupação do Pontal do Paranapanema .....	52
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	57
6.1. Comportamento das chuvas na UGRHI-22 .....	57
6.2. Grupos Hidrológicos de Solos na UGRHI-22.....	62
6.3. Mudanças na Cobertura e Uso da Terra na UGRHI-22.....	65
6.4. Complexo hidrológico solo-vegetação na UGRHI-22: CN .....	70
6.5. Capacidade de Infiltração dos solos na UGRHI-22 .....	75
6.6 Estimativa de Escoamento Superficial na UGRHI-22 .....	79
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	87
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	90

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Precipitações, sua gênese e características.....	19
Quadro 2 - Abordagens do escoamento nas vertentes .....	23
Quadro 3 – Grupos hidrológicos de solos .....	31
Quadro 4 - Valores do parâmetro CN para bacias rurais.....	32
Quadro 5 - Classificação hidrológica do solo para condições brasileiras .....	39
Quadro 6 -Tabela CN para o uso da terra de no Pontal do Paranapanema em 1962 .....	41
Quadro 7 – Tabela CN para o uso da terra de no Pontal do Paranapanema em 2014.....	42
Quadro 8 - Distribuição das formas de relevo na UGRHI-22.....	49
Quadro 9 - Grupos hidrológicos de solos na UGRHI-22.....	62
Quadro 10 – Valores de Curve Number em 1962 na UGRHI-22 .....	70
Quadro 11– Valores de Curve Number em 2014 na UGRHI-22 .....	73
Quadro 12 – Capacidade de Infiltração em 1962 na UGRHI-22.....	75
Quadro 13 – Capacidade de Infiltração em 2014 na UGRHI-22.....	77

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22, Pontal do Paranapanema. ....	13
Figura 2 - Esquematização do Ciclo Hidrológico .....	17
Figura 3 - Variabilidade do índice de ODP. ....	21
Figura 4 - Localização das estações pluviométricas do Pontal do Paranapanema.....	35
Figura 5 - Acumuladas da região homogênea da estação C8-010.....	37
Figura 6 – Mosaico com as cartas topográficas .....	40
Figura 7 - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22, Pontal do Paranapanema	44
Figura 8 – Mapa geológico da UGRHI-22 .....	46
Figura 9 - Mapa Geomorfológico da UGRHI-22 .....	48
Figura 10 - Mapa Pedológico da UGRHI-22.....	51
Figura 11 - Situação da cobertura florestal no Estado de São Paulo em 1920.....	52
Figura 12 - Localização das Reservas do Pontal do Paranapanema .....	54
Figura 13 - Situação da cobertura florestal no Estado de São Paulo em 1920.....	55
Figura 14 - Variabilidade das chuvas no período de 1960 a 2015.....	57
Figura 15 - Ocorrências El Niño-Oscilação Sul (ENOS).....	58
Figura 16 - Variabilidade das médias anuais da UGRHI-22 e sua relação com a variabilidade do índice ODP no período de 1960 a 2015. ....	59
Figura 17 - Variabilidade das médias anuais da UGRHI-22 e sua relação com a variabilidade do índice ODP no período de 1994 a 1997. ....	60
Figura 18 - Mapa da distribuição da chuva média anual no período de 1960 a 2015 na UGRHI-22.....	61
Figura 19 - Mapa de grupos hidrológicos de solo na UGRHI-22 .....	64
Figura 20 - Proporção das classes de cobertura e uso da terra na UGRHI-22 em 1962 .....	65
Figura 21 – Mapa de cobertura e uso da terra da UGRHI-22 em 1962 .....	66
Figura 22 - Proporção das classes de cobertura e uso da terra na UGRHI-22 em 2014 .....	67
Figura 23 - Evolução do plantio e ocupação da cana-de-açúcar na UGRHI-22.....	68
Figura 24 – Mapa de cobertura e uso da terra da UGRHI-22 em 2014 .....	69
Figura 25 – Mapa dos valores de CN para UGRHI-22 no ano de 1962.....	72
Figura 26 – Mapa dos valores de CN para UGRHI-22 no ano de 2014.....	74
Figura 27 – Mapa da capacidade de infiltração dos solos da UGRHI-22 no ano de 1962 ....	76
Figura 28 - Mapa da capacidade de infiltração dos solos da UGRHI-22 no ano de 2014.....	78
Figura 29 – Mapa da estimativa de escoamento superficial absoluto da UGRHI-22 no ano de 1962.....	80
Figura 30 – Mapa da estimativa de escoamento superficial absoluto da UGRHI-22 no ano de 2014.....	82
Figura 31- Mapa da estimativa de escoamento superficial da chuva média anual (1960 a 2015) para o ano de 1962.....	84
Figura 32 – Mapa da estimativa de escoamento superficial da chuva média anual (1960 a 2015) para o ano de 2014.....	84

**LISTA DE EQUAÇÕES**

Equação 1.....	28
Equação 2.....	28
Equação 3.....	29
Equação 4.....	29
Equação 5.....	30
Equação 6.....	36
Equação 7.....	36

**LISTA DE SIGLAS**

AMC – Condição de Umidade Antecedente

APF – Planícies Fluviais

CN – Curve Number

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

DC – Modelados de Relevo com Topos Convexos

DT – Modelados de Relevo com Topos Tabulares

ENOS - El Niño/Oscilação do Sul

GHS – Grupo Hidrológico de Solos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ODP – Oscilação Decadal do Pacífico

SIG – Sistema de Informação Geográfica

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

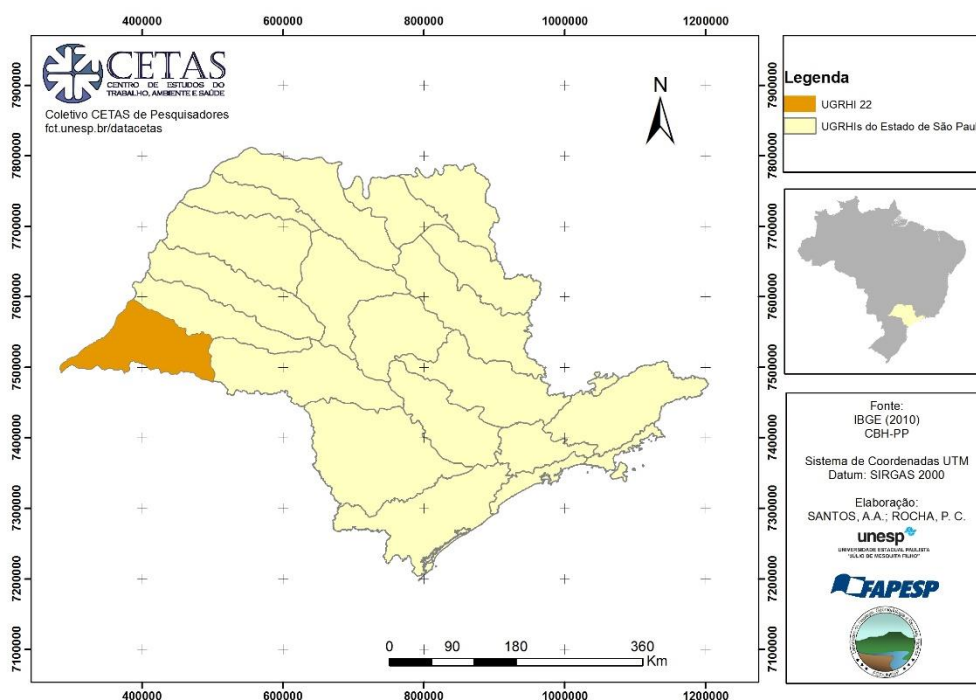
Por sua importância ambiental, social e econômica, os recursos naturais tem sido tema de múltiplas discussões na atualidade, que visam garantir seu aproveitamento e preservação. Isso porque, com o aperfeiçoamento dos modos de produção, as formas de apropriação da natureza se intensificaram, resultando na aceleração da degradação dos ambientes naturais.

A mecanização da agricultura e a ocupação de terras por culturas agrícolas acarretou mudanças nas paisagens, principalmente no que se refere a retirada da cobertura arbórea natural.

Um dos impactos causados pela retirada da cobertura florestal é o aumento do escoamento superficial. Além de acelerar processos erosivos nas vertentes, o escoamento superficial tende a carrear os materiais retirados para os canais fluviais, podendo culminar no assoreamento dos cursos d'água. As águas do escoamento podem, ainda, carrear os produtos químicos utilizados nas produções agrícolas, resultando na poluição dos rios e desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos.

Durante o processo de ocupação, a região do Pontal do Paranapanema (figura 1) sofreu com o desmatamento drástico de suas áreas. Em consequência, sua cobertura e uso foram se modificando ao longo dos anos, seguindo os ciclos econômicos, variando no espaço.

Figura 1 - Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22, Pontal do Paranapanema.



Em frente à expansão da monocultura da cana-de-açúcar no Pontal do Paranapanema, o presente trabalho pretendeu estimar por meio de um modelo hidrológico, o processo de escoamento superficial na região para tentar compreender sua dinâmica diante de diferentes usos da terra e, conseqüentemente, frente a diferentes condições de manejo do solo.

Considerou-se, da mesma maneira, as mudanças nas condições hidrológicas na região ao longo dos anos, uma vez que a variabilidade climática tem papel fundamental nas dinâmicas superficiais. Desta maneira, através da aplicação do modelo em diferentes períodos hidrológicos o trabalho pretendeu analisar a evolução do escoamento superficial em conjunto a evolução de cobertura e uso da terra na área de estudo.

A primeira parte do trabalho constitui o referencial teórico, contendo a bibliografia levantada ao longo da pesquisa. O referencial teórico discorre sobre o ciclo hidrológico e suas etapas, a variabilidade climática, sobre os processos de escoamento superficial e os modelos hidrológicos; tratando especialmente do modelo utilizado no trabalho.



A segunda parte traz a descrição dos materiais e procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. Após expor a escolha dos períodos utilizados no estudo, foram descritas as técnicas de tratamento e processamento dos dados pluviométricos. A seguir, foi descrito o levantamento das informações do meio físico e da cobertura e uso da terra para a UGRHI-22. E por fim, foram expostas as etapas para a geração do modelo de escoamento superficial.

A terceira parte contempla a caracterização da paisagem da área de estudo, através do levantamento das características do meio físico, tais como a geologia, geomorfologia, solos, clima. Esta parte apresenta também o histórico de ocupação da região do pontal.

Por fim, a quarta e última parte do trabalho apresenta os resultados e discussões da pesquisa. Neste item, os produtos (mapas, gráficos e tabelas) são apresentados e discutidos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar as relações qualitativas e quantitativas entre a dinâmica do escoamento superficial distribuído na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema-SP e a cobertura e uso da terra.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analisar a distribuição e variabilidade das chuvas no Pontal do Paranapanema, através do cálculo das médias anuais de séries históricas;
- Analisar os solos da região quanto à capacidade de infiltração;
- Analisar mudanças na cobertura e uso da terra do Pontal do Paranapanema;
- Gerar um modelo de escoamento superficial distribuído a partir das variáveis do meio físico e a cobertura e uso da terra, considerando diferentes períodos hidrológicos;
- Discutir a distribuição do escoamento superficial no Pontal do Paranapanema nas escalas espaço-temporal.

### **3. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica**

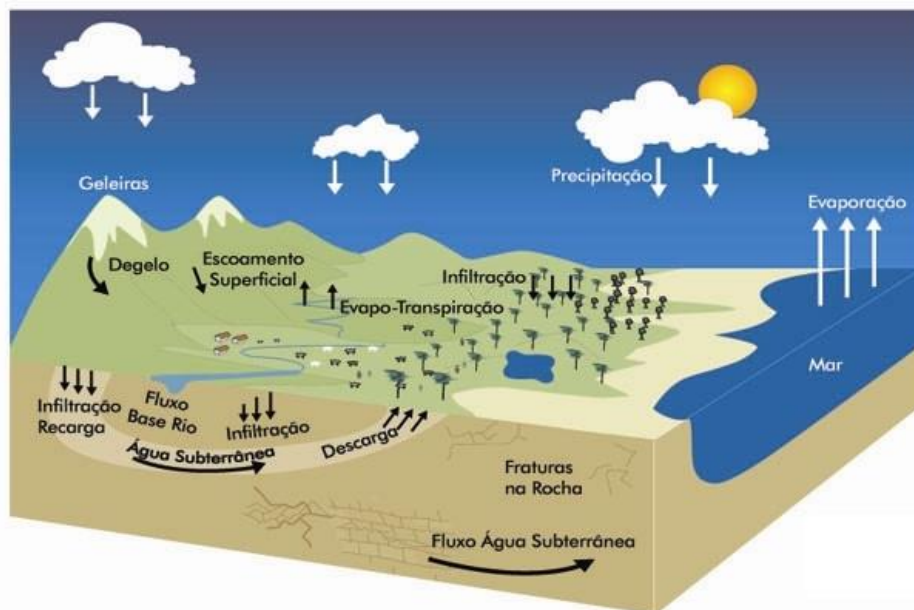
O ciclo hidrológico pode ser definido como um fenômeno de circulação de água entre a atmosfera e a superfície terrestre, impulsionada pela energia solar associada à gravidade e rotação terrestre (Silveira, 2009; Botelho & Silva, 2010).

Garcez e Alvarez (1988), salientam que o ciclo hidrológico é composto basicamente por duas fases, sendo uma atmosférica e outra terrestre, que incluem os processos de armazenagem temporária de água, transporte e mudança de estado.

Silveira (2009), aponta que a troca entre as circulações da superfície terrestre e da atmosfera ocorre em dois sentidos: no sentido superfície-atmosfera, no qual o fluxo de água ocorre na forma de vapor, com decorrência do fenômeno de evapotranspiração; e no sentido atmosfera-superfície, no qual a transferência de água ocorre em qualquer estado físico.

Sinteticamente, neste ciclo (figura 2), a água evapora-se dos oceanos, lagos e rios, precipita-se na forma de chuva, neve e gelo, escoam pela superfície, infiltram-se no subsolo, escoam pelos cursos d'água superficiais e pelos aquíferos e retornam lentamente aos mares (VARGAS, 1999). Ela também passa pelo processo de evapotranspiração, a partir da qual torna a precipitar-se, e assim sucessivamente.

Figura 2 - Esquematização do Ciclo Hidrológico



Fonte: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)

Em nível global, o ciclo hidrológico pode ser considerado como um sistema fechado. A nível local, no entanto, é um sistema aberto, visto que o volume precipitado em uma região pode ter origem em áreas diferentes daquela onde ocorreu a precipitação (BOTELHO & SILVA, 2010). Assim como salienta Silveira (2009):

Os volumes evaporados em um determinado local do planeta não precipitam necessariamente no mesmo local, porque há movimentos contínuos, com dinâmicas diferentes, na atmosfera e também na superfície terrestre (SILVEIRA, 2009, p. 36).

Para recursos hídricos, compreender as dinâmicas que envolvem o ciclo hidrológico torna-se fundamental uma vez que os processos vinculados a este sistema são utilizados na avaliação e monitoramento da quantidade de água disponível na superfície terrestre. Por isso, de acordo com Silveira (2009), o ciclo hidrológico é estudado com maior interesse na fase terrestre, na qual o elemento de análise é a bacia hidrográfica.

O estudo do ciclo hidrológico implica a ideia de balanço, quer dizer que devem se igualar entradas e saídas da água. A escala de estudo mais geográfica é a centrada no limite da bacia de drenagem e sob a perspectiva de sistema, ou seja, a inter-relação na qual se produzem

as entradas, movimentos e saída da água (SANJUAME & VILLANUEVA, 1999, p. 84).

Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem pode ser definida como área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários (NOVO, 2008). De acordo com Ross (1998, p. 101), a bacia hidrográfica “constitui uma unidade natural, cujo elemento integrador está representado pelos leitos fluviais ou canais de drenagem naturais”.

Em uma perspectiva hidrológica, a bacia pode ser entendida enquanto uma área de captação da água de precipitação, demarcada por divisores topográficos, na qual a água converge para um único ponto de saída, o exutório (KARMANN, 2000).

Esta unidade natural é comumente utilizada para o planejamento ambiental por permitir uma visão sistêmica e integrada do ambiente. Como salienta Botelho e Silva (2010), a partir da bacia é possível avaliar de maneira integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema, representado pela bacia de drenagem.

### **3.2. Precipitação e Variabilidade Climática**

A precipitação é entendida como toda a água que provém do meio atmosférico e atinge a superfície terrestre. A diferença entre as formas de precipitação é indicada pelo estado em que a água se encontra (BERTONI & TUCCI, 2009). Entretanto, Ayoade (2007) salienta que apenas a chuva e a neve contribuem significativamente com os totais de precipitação.

A formação das precipitações está ligada à ascensão das massas de ar, em função de: convecção térmica, relevo ou ação frontal de massas (PINTO et al, 1976). Quanto a isso, este autor acrescenta:

Essa ascensão do ar provoca um resfriamento que pode fazê-lo atingir o seu ponto de saturação, ao que se seguirá a condensação do vapor de água em forma de minúsculas gotas que são mantidas em suspensão, como nuvens ou nevoeiros. Para ocorrer uma precipitação é necessário que essas gotas cresçam a partir de núcleos, que podem ser gelo, poeira ou outras partículas, até atingirem o peso suficiente para vencerem as forças de sustentação e caírem (PINTO et al, 1976, p. 8)

Os tipos de precipitação são classificados baseado na forma de elevação do ar, a qual deu origem a precipitação. O quadro 1 apresenta os tipos de precipitação:

Quadro 1 - Precipitações, sua gênese e características

<b>Tipos de precipitação</b>	<b>Convectivas</b>	<b>Orográficas</b>	<b>Frontais ou ciclônicas</b>
<b>Gênese</b>	Provocadas pela ascensão de ar devido às diferenças de temperatura na camada vizinha da atmosfera.	Ocorrem quando o ar, geralmente vindo do oceano para o continente, transpõe barreiras montanhosas.	Ocorrem ao longo da linha de descontinuidade, separando duas massas de ar com características diferentes.
<b>Características</b>	Geralmente são chuvas de grande intensidade e pequena duração, restritas a áreas pequenas.	São chuvas de pequena intensidade e de grande duração, cobrindo pequenas áreas.	São chuvas de grande duração, atingindo grandes áreas com intensidade média. Elas podem vir acompanhadas por ventos fortes com circulação ciclônica.

Adaptado de BERTONI & TUCCI (2009, p.180) e PINTO et al (1976, p.08)

A distribuição espacial das chuvas, em escala global, mantém forte inter-relação com as correntes marítimas, as zonas de temperatura, os ventos oceânicos e a dinâmica da baixa atmosfera (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). De acordo com estes autores, no Brasil a distribuição e a variabilidade das chuvas “estão associadas à atuação e à sazonalidade dos sistemas convectivos de macro e mesoescala e, em especial, da frente polar atlântica” (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 146).

Em complemento a isso, os autores salientam:

Isso explica as diferenças dos regimes pluviométricos encontrados e que se expressam na diversidade climática do País, com tipos chuvosos, semiáridos, tropicais e subtropicais. As chuvas abundantes e relativamente permanentes da Região Norte contrastam com a escassez e a concentração das chuvas que ocorrem no Nordeste brasileiro. A sazonalidade das chuvas mantém-se na Região Centro-Oeste, embora seus valores sejam significativamente superiores aos nordestinos. Nas regiões Sudeste e Sul, particularmente nesta última, as chuvas voltam a ser relativamente bem distribuídas ao longo do ano, embora com valores inferiores aos da Amazônia (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 146).

Molion (2008), destaca as oscilações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) como uma variável significativa para o estudo do clima, considerando que as variações na temperatura da superfície do mar produzem mudanças climáticas sensíveis. Grimm (2009), aponta o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) como principal fonte de variabilidade climática interanual na escala global. A autora define o fenômeno como:

[...] uma oscilação acoplada do oceano-atmosfera, que produz alterações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na pressão, no vento e na convecção tropical, principalmente no Oceano Pacífico, mas com reflexos em muitos lugares do planeta, incluindo o Brasil (GRIMM, 2009, p. 353).

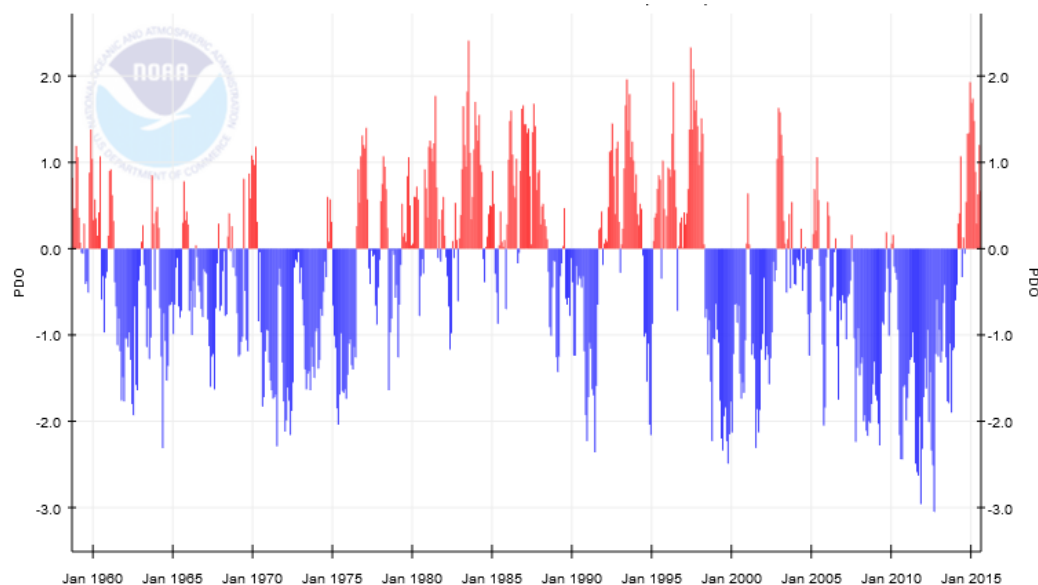
A oscilação apresenta fases opostas, denominadas El Niño (EN) e La Niña (LN). O El Niño é caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. Já o La Niña caracteriza-se pelo esfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical.

Kayano & Andreoli (2009), discutem sobre a variabilidade decenal e multidecenal do clima, destacando a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

A Oscilação Decadal do Pacífico ou Oscilação Decenal do Pacífico é um fenômeno correlacionado às TSMs do Oceano Pacífico, caracterizado por anomalias negativas de temperaturas no Pacífico Tropical e positivas no Pacífico Extratropical, quando apresenta uma fase fria ou ODP Negativa (ODP-). E anomalias positivas de temperaturas no Pacífico Tropical e, negativas no Pacífico Extratropical na fase quente, denominada ODP Positiva (ODP+) (NASCIMENTO JÚNIOR, 2011, p. 23).

Com base em diversos estudos, a literatura menciona as duas últimas fases da ODP. De acordo com Molion (2005), a última fase fria (ODP-) ocorreu no período 1947 a 1976. Por sua vez, a fase quente (ODP+) abrangeu o período de 1977 a 1998. A figura 3 apresenta a variabilidade do índice da ODP do período de 1960 a 2015:

Figura 3 - Variabilidade do índice de ODP.



Fonte: NOAA (2017).

Kayano e Andreoli (2009), apresentam alguns estudos relacionados a variabilidade decenal do clima na América do Sul. Dentre estes, destaca-se o trabalho das autoras (Kayano & Andreoli, 2006), o qual estabelece relação entre ODP e ENOS, sugerindo que os dois fenômenos podem ter efeitos combinados nas distribuições anômalas das precipitações.

Tendo em vista os aspectos socioeconômicos e ambientais que se integram a dinâmica climática, enquanto respostas do comportamento das chuvas sob a superfície terrestre, Sant'Anna Neto (1998) enfatiza que o entendimento da variabilidade das chuvas nas escalas espaço-temporal torna-se fundamental para a compreensão da organização do espaço geográfico.

### 3.3. Mecanismos de Geração de Escoamento Superficial

Sob a perspectiva geomorfológica, a água caracteriza-se como um dos elementos físicos mais importantes na construção das paisagens no meio tropical, destacando-se seu papel enquanto agente modelador do relevo (COELHO NETTO, 2015). Casseti (1995), salienta a importância do clima nos processos morfogenéticos da vertente, caracterizando o escoamento das águas da chuva como um dos principais fatores responsáveis pelos processos erosivos.



Segundo Botelho e Silva (2010), ao atingir o solo, a água da chuva, exceto a parcela que passa pelo processo de evaporação, pode seguir dois caminhos: a infiltração ou o escoamento superficial. Quanto a isso, Bigarella (2007), aponta que a infiltração, condicionada pela permeabilidade, tem papel fundamental na água que escoar sobre a superfície do terreno. Assim como aponta o autor, “a água que não se infiltra na superfície do terreno continua a fluir vertente abaixo até encontrar um solo mais permeável ou atingir um canal definido de drenagem, ou, eventualmente, um lago” (BIGARELLA, 2007, p. 891).

De acordo com Garcez & Alvarez (1988), o escoamento superficial é a etapa do ciclo hidrológico que abrange o conjunto de águas que, por efeito da gravidade, se desloca na superfície da terra. Tucci (2009), define o escoamento superficial como parte do ciclo na qual a água se movimenta na superfície da bacia até uma determinada calha.

O escoamento pode dar-se na superfície, em subsuperfície e subterraneamente (BIGARELLA, 2007). Mendiando & Tucci (1997), apresentam uma síntese de abordagens acerca da geração de escoamento na vertente, conforme o quadro 2:

Quadro 2 - Abordagens do escoamento nas vertentes

Processo	Síntese Conceitual das Bacias na abordagem	Linha de Pesquisa
Escoamento Superficial excedente da infiltração (ESI)	Superfície de separação das entradas ao sistema	Horton (1933)
Escoamentos Internos (Ei):	Meio de transferência das entradas ao sistema	Hewlet e Hibbert (1967); Ward (1984); Dunne (1878); Ward (1984); Beven e Germann (1982); Jones (1971); Jones (1986); Dunne e Black (1970); Germann (1986); Sklash e Farlvoden (1979)
Escoamento Superficial por Saturação do Solo (ESS)	Armazenamento dinâmico e com memória finita	Dunne (1978, 1983)
Escoamento pela Integração de Processos (EIP)	Escala de integração de processos que dependem de fatores climáticos, pedológicos, bióticos, geomorfológicos e humanos, atuando em conjunto e interagindo entre si	Kirkby (1988); Grayson et al (1992); Wheater et al (1983)

Adaptado de Mendiondo & Tucci (1997, p. 84; 1997, p.61)

No modelo hortoniano (Horton, 1933), o mecanismo de geração de escoamento superficial se dá em função da intensidade de precipitação e a capacidade de infiltração do solo (SIEFERT & SANTOS, 2012). Segundo Santos (2009), Horton propôs:

(...) o modelo clássico de hidrologia de encostas por meio da teoria infiltração-escoamento, onde a superfície do solo atua como um filtro capaz de separar a precipitação em dois componentes básicos. O escoamento direto produzido basicamente pelo escoamento superficial que provêm de todas as partes da bacia, ocorrendo toda vez que a intensidade da chuva excede a capacidade de infiltração do solo, e a água que infiltra no terreno e alimenta o lençol freático, para depois chegar ao rio na forma de escoamento de base (SANTOS, 2009, p. 16)

Atualmente, a teoria do escoamento hortoniano pode ser aplicada em solos alterados pela ação antrópica, nos quais a taxa de infiltração é inferior a intensidade de precipitação (SIEFERT & SANTOS, 2012). Stevaux e Latrubesse (2017), apontam que em áreas com densidade de vegetação alta, ocorre infiltração praticamente total da água precipitada, resultando em um escoamento hortoniano nulo ou restrito a pequenas áreas do terreno.

Moraes et al (2002), destaca que na década de 60 surge uma hipótese alternativa através dos trabalhos de Cappus (1960), Hewlett & Hibbert (1967), e Dunne & Black (1970). Segundo o autor “esses últimos, introduziram o conceito de “área variável de contribuição”, onde o escoamento superficial ocorre apenas em regiões parciais da bacia” (MORAES et al, 2002, p. 61).

Os trabalhos de Hewlett & Hibbert (1963) e Weyman (1970), indicam que mesmo em eventos extremos, o volume precipitado infiltra-se nas partes altas da bacia. Logo, a água infiltrada aumenta o teor de umidade do solo, deslocando-se no sentido da vertente até emergir próximos aos canais, provocando assim a saturação do solo (SIEFERT & SANTOS, 2012). Nessa perspectiva, Moraes et al (2002), aponta que o termo “área variável de contribuição” deriva do caráter variável da área, temporal e espacialmente, em função da umidade da bacia e da dinâmica de cada evento de precipitação.

De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), em casos de saturação total da camada superior do solo, a água pode voltar a aflorar na superfície na forma de fluxo superficial de saturação ou fluxo de retorno. Os autores acrescentam que esse afloramento promove um aumento da vazão do fluxo hortoniano, incrementando localmente a erodibilidade do solo. “Assim, o fluxo hortoniano e o fluxo superficial de saturação são dois importantes fatores na hidrodinâmica da vertente e promovem a formação e incisão dos canais de drenagem” (STEVAUX & LATRUBESSE, 2017, p. 52).

Para Bigarella (2007), o predomínio dos tipos de escoamento depende da combinação de um conjunto de fatores, sendo fundamentais a serem considerados: as condições climáticas, as características morfométricas da vertente, as condições biológicas e edafológicas e as atividades antrópicas.

Segundo Botelho e Silva (2010), o volume e intensidade da chuva, em conjunto com a capacidade de infiltração do solo são fundamentais para determinar a quantidade de água que irá escoar pela vertente.

No que se refere as características morfométricas do relevo, Botelho e Silva (2010) destacam a declividade e forma da vertente, e a rugosidade do terreno como aspectos que podem ampliar ou reduzir a velocidade do escoamento.

Encostas com maior declividade aumentam o volume e a velocidade da enxurrada, pois não há tempo suficiente para que o solo absorva

grande quantidade de água. Assim parte da água da chuva escoar pela superfície e ainda tem sua velocidade aumentada em função da ação da força da gravidade (BOTELHO & SILVA, 2010, p. 162).

Com relação à morfologia, vertentes convexas tendem a produzir fluxo divergente e difuso, enquanto vertentes côncavas apresentam fluxo concentrado (STEVAUX & LATRUBESSE, 2017).

Encostas côncavas acabam concentrando maior volume de água, propiciando a saturação dos poros e, conseqüentemente, diminuindo a capacidade de infiltração do solo, acelerando o escoamento superficial. Encostas convexas atuam como zonas dispersoras de água e, devido à maior declividade, contribuem para aumentar a velocidade do escoamento superficial (BOTELHO & SILVA, 2010, p. 162).

A cobertura e uso da terra, por sua vez, exerce influência na capacidade de infiltração do solo, retardando o escoamento superficial da água. Em ambientes florestais, a precipitação pode assumir diferentes caminhos: parte é interceptada pelo conjunto de vegetais que constituem os estratos do ambiente florestal; outra parte chega ao solo atravessando a copa das árvores ou escoando pelo tronco, resultando no escoamento pela superfície ou infiltração no solo (BOTELHO & SILVA, 2010).

Casseti (1995), salienta que assim que a vertente começa a ser ocupada, processo iniciado pela retirada da cobertura vegetal, as relações processuais morfodinâmicas são alteradas. Dentre estas, há um aumento do escoamento e, em resposta, a diminuição da infiltração.

Diante das conceituações apresentadas, o processo de escoamento estudado neste trabalho aproxima-se ao hortoniano, considerando que este se baseia na capacidade de infiltração do solo.

### **3.4. Hidrologia e Modelos Hidrológicos**

A Hidrologia é a ciência que trata do estudo da água na Terra, abrangendo as propriedades, fenômenos e distribuição da água na atmosfera, superfície e subsolo (PINTO et al, 1976). De acordo com Tucci (2004), esta ciência trata de processos que sucedem em sistemas naturais.

Os processos físicos ocorrem num meio que o homem não projetou, mas ao qual deve-se adaptar, procurando conviver com o comportamento desse meio ambiente. Para o entendimento desses processos é necessário interagir com diferentes áreas do conhecimento que influenciam o ciclo hidrológico (TUCCI, 2004, p. 27).

Segundo Sanjuame & Villanueva (1999), a Hidrologia é uma das ciências na qual mais se desenvolveu experimentos e modelos, devido à complexidade do ciclo hidrológico e suas etapas, e a importância da água para a vida e o desenvolvimento da sociedade. Tucci (1998), considera o modelo hidrológico como ferramenta para compreender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever diferentes situações das observadas.

De acordo com Cabrera (2011), podem-se classificar os modelos hidrológicos para bacias hidrográficas levando-se em consideração a conceituação dos processos básicos, os algoritmos básicos e sua representação espacial. Dessa maneira, os modelos podem ser classificados, respectivamente como: conceitual ou empírico; determinísticos ou estocásticos e; agrupados ou distribuídos.

Tucci (1998) e Cabrera (2011), apontam que um modelo é conceitual quando as funções usadas em sua elaboração consideram os processos físicos, ou seja, baseiam-se em equações que representam todos os processos envolvidos em um fenômeno.

Os modelos empíricos ou 'caixa-preta', por sua vez, são aqueles no qual se ajustam os valores calculados aos dados observados, através de funções não relacionadas aos processos físicos envolvidos (TUCCI, 1998). De acordo com Cabrera (2011), estes modelos baseiam-se em relações de entrada e saída sem descrever o comportamento causado por processos individuais.

Os modelos estocástico e determinístico são umas das principais classificações na simulação hidrológica (TUCCI, 1998). Segundo o autor, se o conceito de probabilidade é utilizado na formulação do modelo, o processo e o modelo são definidos como estocásticos. Se o modelo segue uma lei definida, que não a lei das probabilidades, o modelo e o processo são ditos determinísticos (TUCCI, 1998).

Segundo Santos (2009), o modelo é definido como concentrado quando a variabilidade espacial da bacia hidrográfica não é considerada. Nestes modelos,

assume-se que a bacia é homogênea tanto em seus processos superficiais, sub-superficiais e subterrâneos (CABRERA, 2011). O modelo é dito distribuído, por sua vez, quando suas variáveis e parâmetros dependem do espaço e/ou tempo (SANTOS, 2009).

Neste trabalho utilizou-se um modelo hidrológico distribuído, uma vez que foram consideradas as variações dos parâmetros analisados tanto no espaço quanto no tempo. Assim como salienta Beskow et al (2009), a simulação do escoamento superficial em bacias é complexa, e, por isso, é necessário que os modelos apresentem algumas características desejáveis, “como serem baseado no processo físico, no evento e na distribuição espacial das variáveis associadas ao fenômeno” (BESKOW, 2009, p.170).

### 3.4.1. Método Curve Number

O método *Curve Number* ou método CN é utilizado para estimar o escoamento superficial, o fluxo de rios, a recarga de água, infiltração, umidade do solo e o transporte de sedimentos, podendo auxiliar em projetos de obras hidráulicas, estudos de manejo e conservação do solo e controle de enchentes (BARRETO-NETO & SOUZA FILHO, 2003).

Esse modelo hidrológico foi desenvolvido pelo *Soil Conservation Service*<sup>1</sup>(SCS, 1954), baseado em estudos empíricos realizados em várias regiões dos Estados Unidos, considerando condições e tipos distintos de cobertura do solo (PRUSKI, et al, 2001). De acordo com o National Engineering Handbook – NEH (Mockus, 2004) o método foi produto final de uma grande investigação de campo e o trabalho de numerosos pesquisadores iniciais, destacando Mockus (1949), Sherman (1942), Andrews (1954) e Ogrosky (1956).

Embora o método tenha sido desenvolvido em pequenas bacias experimentais, ele pode ser aplicado em grandes áreas desde que as variações geográficas das chuvas e das características de cobertura e uso do solo forem levadas em consideração (MOCKUS, 2004).

De acordo com Mantovani et al. (2013), o *Curve Number* é um modelo empírico amplamente utilizado em função do número reduzido de parâmetros

---

<sup>1</sup> Atualmente chamado de Natural Resources Conservation Service (NRCS)

estabelecidos em relação aos parâmetros das características fisiográficas de bacias hidrográficas. O método depende de três variáveis, sendo elas a precipitação, umidade antecedente do solo e o complexo hidrológico solo-vegetação (SARTORI, 2004).

O método do SCS baseia-se no conceito de que a lâmina de escoamento superficial produzida em um dado evento é uma função da altura total da lâmina precipitada e de um parâmetro, denominado Curva Número (CN), que representa as perdas que ocorrem, principalmente, devido à infiltração, à interceptação vegetal e à retenção em depressões do terreno (PEREIRA, 2009, p. 28).

Alves (2016, p. 36) descreve o *Curve Number* como “um modelo chuva-deflúvio que consiste numa aproximação empírica entre um dado evento de chuva e as condições de superfície da bacia hidrográfica para estimativa do escoamento superficial direto (Q) ou deflúvio”.

De acordo com Ponce e Hawkins (1996), para determinar a precipitação excedente o método assume uma proporcionalidade entre retenção e escoamento, da seguinte maneira:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P} \quad \text{Equação 1}$$

na qual, F refere-se a retenção efetiva (atual) ou a diferença entre P (precipitação) e Q (escoamento); S é o potencial máximo de retenção (SARTORI, 2004). De acordo com o autor:

A relação F/S é a proporção do armazenamento disponível que é preenchido com a água da chuva, ou seja, é a relação entre o volume infiltrado e a capacidade máxima de infiltração e Q/P representa a proporção da precipitação que escoará superficialmente (SARTORI, 2004, p. 20).

Isolando Q na equação 1 e substituindo F por (P - Q) obtém-se a equação 2 (SARTORI, 2004):

$$Q = \frac{P^2}{P+S} \quad \text{Equação 2}$$

Alves (2016), destaca que o embasamento da equação 2 seria real se não houvesse perdas iniciais associadas à retenção de parte da precipitação anterior ao

escoamento superficial direto (Q). Desta maneira é necessário o uso de uma abstração ou perda inicial ( $I_a$ ), deduzida a partir da precipitação (SARTORI, 2004). Adicionando a abstração inicial, obtém-se a equação 3:

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+S} \quad \text{Equação 3}$$

Para tornar a equação mais simples, o SCS propôs uma relação linear entre as variáveis S e  $I_a$  (ALVES, 2016; SARTORI, 2004). Assim, estabeleceu-se:

$$I_a = \lambda \cdot S$$

onde  $\lambda$  é uma constante de proporcionalidade da abstração inicial em relação a retenção potencial máxima. Ponce & Hawkins (1996), explicam que a equação 3 foi justificada com base em dados medidos pelo SCS em pequenas bacias dos Estados Unidos, dos quais, em 50% dos pares de valores,  $\lambda$  variou entre  $0,095 \leq \lambda \leq 0,38$ .

Baseado nestes valores, o SCS adotou como padrão  $\lambda = 0,2$  (SARTORI, 2004). Ponce & Hawkins (1996), destacam que existem estudos em que os valores de  $\lambda$  variaram entre  $0,0 \leq \lambda \leq 0,3$ , abrangendo várias localizações nos Estados Unidos e em outros países.

Adotando  $\lambda = 0,2$ , o escoamento superficial definido pelo método *Curve Number* (Tucci, 2004), é obtido a partir da equação 4:

$$Q = \frac{(P-0,2xS)^2}{P+0,8xS} \quad \text{Equação 4}$$

para  $P > 0,2.S$

onde, Q se refere escoamento superficial (mm); P corresponde a precipitação total (mm); S corresponde a capacidade máxima de infiltração após o início do escoamento superficial.



A capacidade máxima de infiltração (S) é obtida a partir da equação 5 (TUCCI, 2004):

$$S = \left( \frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad \text{Equação 5}$$

no qual CN é um valor tabelado, baseado no complexo hidrológico solo-vegetação, e os valores numéricos são coeficientes para o ajuste de unidades (PEREIRA, 2009; PRUSKI, et al., 2001).

O valor de CN é adimensional, podendo variar de 1 a 100, e está diretamente associado com a impermeabilidade do solo. Quanto mais impermeável for a área, maior será o CN e menor será a retenção da chuva (S) (PEREIRA, 2009). Os valores de CN podem variar de acordo com do uso e manejo da terra, tipo de solo, condição hidrológica e umidade antecedente do solo (SILVA et al, 2006).

Na metodologia do SCS, os solos foram agrupados em quatro grandes grupos e classificados de acordo com sua capacidade de infiltração (SARTORI, LOMBARDI NETO & GENOVEZ, 2005).

[...] o SCS formou os grupos hidrológicos do solo baseando-se na premissa de que os perfis de solo com características semelhantes (espessura, textura, conteúdo de matéria orgânica, estrutura e grau de expansão) responderão de forma semelhante a uma chuva de grande duração e intensidade considerável (SARTORI, LOMBARDI NETO & GENOVEZ, 2005, p.06).

A classificação dos solos de acordo com a capacidade de infiltração propostos pelo SCS e utilizados para determinação dos valores de CN, estão representados no quadro 3:

Quadro 3 – Grupos hidrológicos de solos

<b>Grupos Hidrológicos de Solo (GHS)</b>	<b>Características</b>
Grupo A	Compreende os solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração
Grupo B	Compreende solos menos permeáveis do que o A, com média taxa de infiltração.
Grupo C	Compreende solos que geram escoamento superficial acima da média, contendo baixa taxa de infiltração.
Grupo D	Compreende os solos que possuem alto potencial de escoamento, tendo uma taxa de infiltração muito baixa.

Fonte: adaptado de TUCCI (2014, p. 404).

A associação dos grupos hidrológicos de solos e os tipos de cobertura e uso da terra gera o complexo hidrológico solo-vegetação (MOCKUS, 2004), que é utilizado para obtenção dos valores de CN. Tais valores são levantados a partir de uma tabela padrão do SCS, esta que foi elaborada levando em consideração o tipo e a densidade de cobertura do solo em conjunto com suas características hidrológicas, bem como seu manejo (ALVES, 2016).

O quadro 4 apresenta os valores tabelados de CN para bacias rurais.

Quadro 4 - Valores do parâmetro CN para bacias rurais

Cobertura e Uso da Terra	Superfície	Tipos de Solos			
		A	B	C	D
Solo lavrado	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações Regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceamento em nível	64	76	84	88
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Combinação de bosques (pomares ou árvores) e gramíneas	Deficiente	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Boa	32	58	72	79
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	99
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
Campos Permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densos, de alta transpiração	25	55	70	77
Área Urbana	Áreas em desenvolvimento	77	86	91	94
	Zonas adensadas	61	75	83	87
Florestas	Muito esparsas, de baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, de alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76

Fonte: Adaptado de NEH (MOCKUS, 2004, p. 3); TUCCI (2004, p. 405); SARTORI (2010, p. 44)

Segundo Tucci (2004), os valores padrões de CN são referentes a condições médias de umidade antecedente do solo (AMC II). Esta condição considera os eventos chuvosos ocorridos nos cinco dias anteriores ao dia analisado (ALVES, 2016).

Para condições diferentes aos da média, o SCS apresenta correções para os valores de CN, baseado nas seguintes condições (TUCCI, 2004; ALVES, 2016):

- AMC I: situação em que os solos estão secos;
- AMC II: situação média em que os solos correspondem à umidade da capacidade de campo.
- AMC III: situação em que ocorrem quando os solos encontram-se saturados.

Considerando que neste trabalho a estimativa do escoamento superficial baseou-se em dados anuais de precipitação, assumiu-se que os solos estavam sob a condição de AMC II, o que tornou possível utilizar os valores padrões de CN.

## **5. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **5.1 Períodos Hidrológicos e Mudança da Cobertura e Uso da Terra**

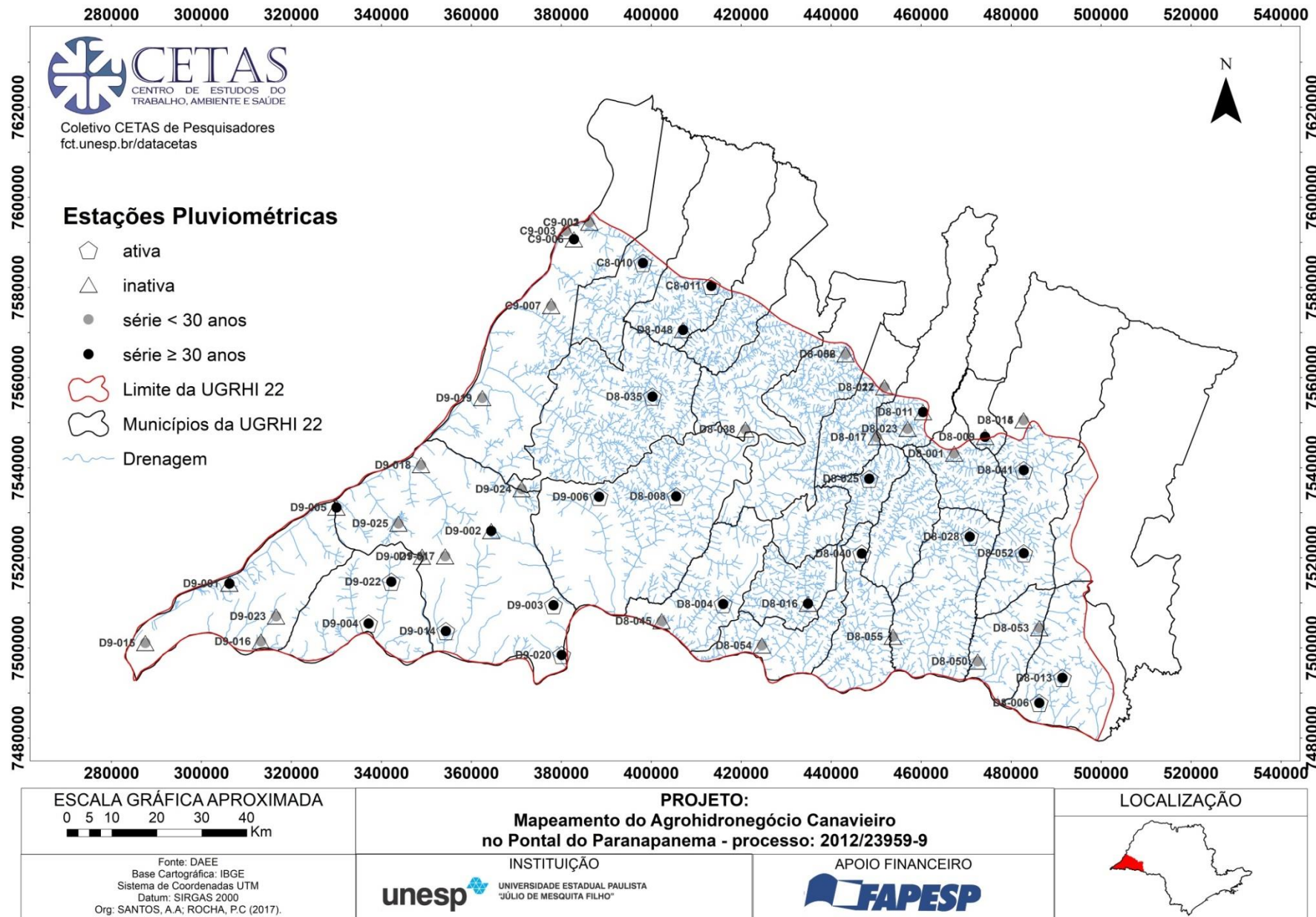
A delimitação dos anos a serem utilizados para a elaboração da estimativa de escoamento superficial no Pontal do Paranapanema levou em consideração os períodos hidrológicos da ODP, citados por Molion (2008).

As últimas fases identificadas da ODP ocorreram no período 1947 a 1976 (ODP-), e 1977 a 1998 (ODP+). Levando em consideração a viabilidade das informações sobre a espacialização da cobertura e uso da terra no Pontal, foram selecionados os anos de 1962, que se encaixa no primeiro período, e 2014 para realizar a estimativa de escoamento superficial.

### **5.2 Dados Pluviométricos**

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram obtidos no banco de dados hidrológicos do Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE). Foram levantados os dados de médias mensais de 42 estações pertencentes a UGRHI-22, escolhidas de acordo com a extensão da série histórica. A figura 4, apresenta as informações da distribuição das estações na região.

Figura 4 - Localização das estações pluviométricas do Pontal do Paranapanema



Em decorrência da falha de dados encontrada nas séries, foi necessário realizar o preenchimento a partir de métodos estatísticos. Para tanto, utilizou-se os métodos da ponderação regional e da regressão linear, citados por Bertoni e Tucci (2009).

De acordo com estes autores, o método da ponderação regional é normalmente usado para preencher séries mensais ou anuais de precipitações. Nele, são selecionados pelo menos 3 postos que possuam no mínimo 10 anos de dados. As falhas são preenchidas de acordo com a equação:

$$y = \frac{1}{3} \left[ \frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} \right] \cdot y_m \quad \text{Equação 6}$$

onde  $y$  é a precipitação do posto  $Y$  a ser estimada;  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$  são as precipitações correspondentes ao mês (ou ano) que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas;  $y_m$  é a precipitação média do posto  $Y$ ;  $x_{m1}$ ,  $x_{m2}$ ,  $x_{m3}$  correspondem as precipitações médias nas três estações vizinhas.

Neste trabalho, o método da ponderação regional foi utilizado no preenchimento das médias mensais das séries de cada estação. No caso das estações nas quais não foi possível selecionar mais de uma estação com o mesmo intervalo de anos e com série de dados completa, utilizou-se o método de regressão linear.

De acordo com Bertoni e Tucci (2009), neste método faz-se uma correlação entre as precipitações do posto com falhas e um posto vizinho. A estimativa pode ser obtida através de um gráfico ou por meio do critério dos mínimos quadrados, expresso pela equação:

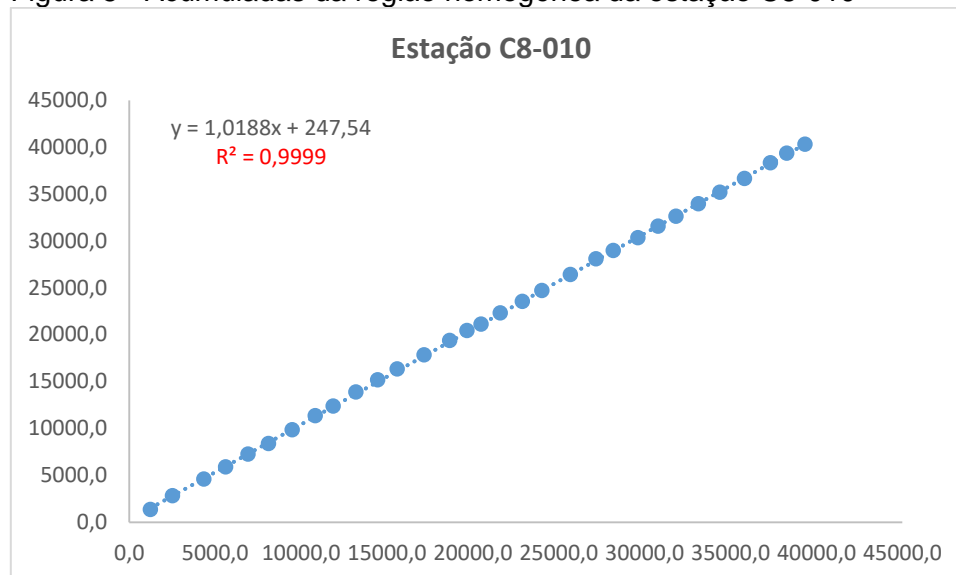
$$y = ax + b \quad \text{Equação 7}$$

onde,  $y$  é a precipitação a ser estimada;  $x$  = precipitação correspondente ao mês (ano) que deseja preencher, observada no posto vizinho;  $a$  = inclinação da reta ou coeficiente angular;  $b$  = interceptação ou coeficiente linear.

Após o preenchimento das falhas, verificou-se a homogeneidade dos dados, através do método de curva dupla acumulativa, citada por Pinto et al (1976). Nesta, escolhem-se postos de uma região homogênea, do ponto de vista meteorológico, e acumulam-se os totais anuais de cada posto. Posteriormente, calcula-se a média

aritmética dos totais precipitados em cada ano e acumula-se essa média. Os valores acumulados da média dos postos são grafados contra os totais acumulados de cada um deles (figura 5).

Figura 5 - Acumuladas da região homogênea da estação C8-010



Fonte: DAEE. Org: o autor.

O método de verificação foi realizado para todas as estações que tiveram as falhas preenchidas. Considerando que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das acumuladas deu acima de 0,5, não foi necessário realizar a correção dos dados.

Posterior ao preenchimento das falhas das médias mensais, calculou-se os totais anuais para cada estação. Com base no período de anos das estações e disponibilidade de dados, delimitou-se o período com intervalo de 1960 a 2015 para o trabalho.

Considerando as diferenças entre os intervalos dos anos, foi necessário realizar o preenchimento de dados em algumas estações e assim estimar os totais anuais destas nos anos com falhas. Neste caso, utilizou-se o método da regressão linear. Após o preenchimento, calculou-se a média regional da série para a análise da variabilidade da UGRHI, e as médias anuais da série de cada estação, utilizadas para a produção do mapa com as isoietas.

Calculou-se ainda a desvio médio das médias anuais, a fim de analisar o relacionamento entre a variabilidade das chuvas no Pontal com a variabilidade do



índice da ODP. A organização e tratamento dos dados foi realizados no software Excel<sup>®</sup>.

Para representar a distribuição espacial das chuvas na região, foi elaborado um mapa com as isoietas das médias anuais. Para tanto, utilizou-se o SIG ArcGis<sup>®</sup>, no qual foi realizada a técnica de interpolação IDW. Esta técnica estima a variável ao longo do espaço, ponderando pesos a cada um dos postos mais próximos, que é função do inverso de uma potência da distância (GARDIMAN JUNIOR et al, 2012). Foram geradas isoietas com intervalos de 20 mm no ArcGis, baseado no *raster* interpolado das médias anuais.

### **5.3. Levantamento das informações sobre o meio físico e cobertura e uso da terra da UGRHI-22**

O mapeamento pedológico utilizado no trabalho corresponde ao realizado por Rossi (2017) para o Estado de São Paulo, disponibilizado pelo Instituto Florestal-SP, na escala 1:250.000. O mapa foi obtido a partir da base de dados do Sistema Ambiental Paulista (DataGeo)<sup>2</sup>.

Para a utilização destes dados no modelo, foi necessária a reclassificação dos tipos de solos para as classes inseridas dentro dos grupos hidrológicos de solo. Para tanto, o mapa pedológico foi reclassificado de acordo com a proposta de Lombardi Neto (1989), na qual o autor adaptou a classificação do SCS para os solos brasileiros (quadro 5).

A classificação considera as características dos solos que condicionam o escoamento superficial e a erosão, sendo elas: profundidade, textura, razão textural entre o horizonte superficial e subsuperficial, e permeabilidade dos solos influenciada pela porosidade e pela atividade da argila (SARTORI, LOMBARDI NETO & GENOVEZ, 2005).

---

<sup>2</sup> <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>

Quadro 5 - Classificação hidrológica do solo para condições brasileiras

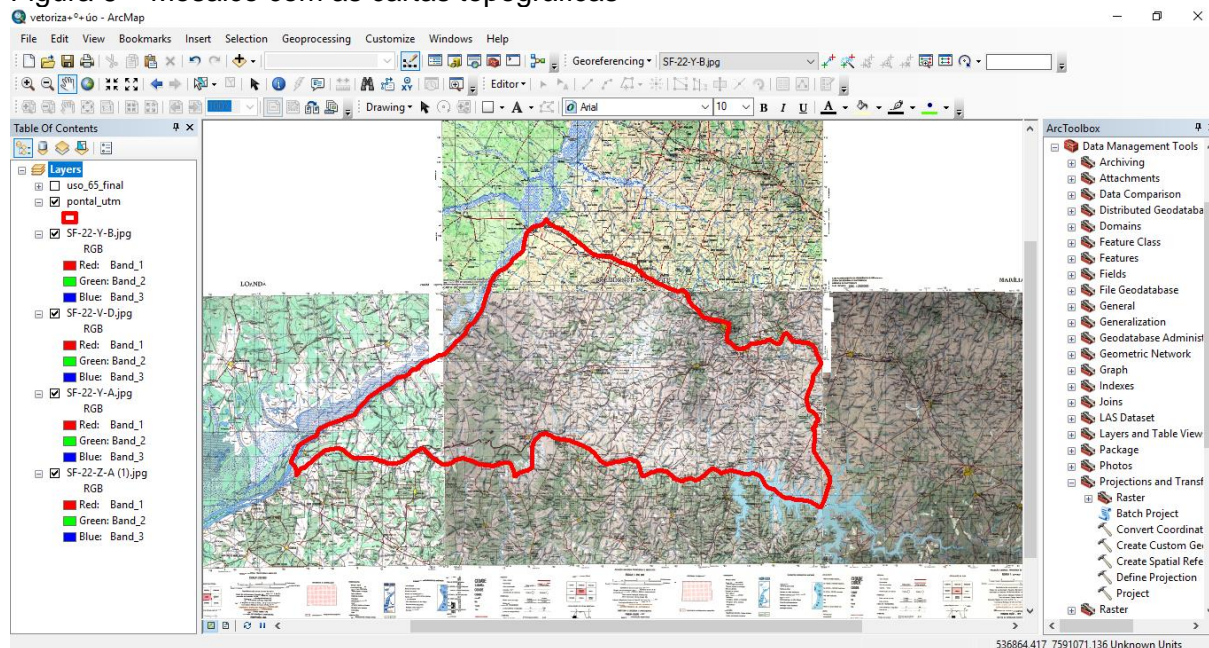
<b>Grupos Hidrológicos de Solo</b>
<b>Grupo A</b>
<p>Solos muito profundos (prof. &gt; 200 cm) ou profundos (100 a 200 cm);  Solos com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão;  Solos porosos com baixo gradiente textural (&lt; 1,20);  Solos de textura média;  Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil;  Solos bem drenados ou excessivamente drenados;  Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;  A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: média/média, argilosa/argilosa e muito argilosa/muito argilosa</p>
<b>Grupo B</b>
<p>Solos profundos (100 a 200 cm);  Solos com moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância a erosão;  Solos porosos com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50;  Solos de textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média com horizonte superficial arenoso;  Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macroporosidade em todo o perfil;  Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;  A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/arenosa, arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa.</p>
<b>Grupo C</b>
<p>Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100 cm);  Solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão;  São solos com gradiente textural maior que 1,50 e comumente apresentam mudança textural abrupta;  Solos associados a argila de atividade baixa (Tb);  A textura nos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/média e média/argilosa apresentando mudança textural abrupta; arenosa/argilosa e arenosa/muito argilosa.</p>
<b>Grupo D</b>
<p>Solos com taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência e tolerância a erosão;  Solos rasos (prof. &lt; 50 cm);  Solos pouco profundos associados à mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade (Ta), minerais de argila 2:1;  Solos argilosos associados à argila de atividade alta (Ta);  Solos orgânicos.</p>

Fonte: SARTORI, LOMBARDI NETO & GENOVEZ (2005, p.12)

O mapa de grupos hidrológicos de solos foi elaborado no ArcGis®. O SIG também foi utilizado para a extração das informações quantitativas do mapa.

O mapa de cobertura e uso da terra de 1962 foi elaborado a partir das cartas topográficas 1:250.000 de 1974, baseadas em interpretação aerofotogramétrica de ortofotos de 1962, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As cartas foram georreferenciadas no ArcGis<sup>®</sup>, assim como a vetorização das classes de cobertura e uso foi realizada neste SIG (figura 6). Foram utilizadas as cartas SF-22-Y-A; SF-22-Y-B; SF-22-V-D e SF-22-Z-A.

Figura 6 – Mosaico com as cartas topográficas



Fonte: o autor

As classes de cobertura e uso da terra do mapa de 1962 seguiu a classificação proposta pelo IBGE (2013).

Os dados acerca da cobertura e uso da terra de 2014 foram extraídos do mapeamento realizado por Criado (2016) e disponibilizado pelo banco de dados do Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial<sup>3</sup> da FCT/UNESP (GADIS). O mapa foi elaborado a partir de imagens de satélite do Landsat 8 e informações levantadas do banco de dados do Canasat<sup>4</sup>, que monitora o cultivo da cana-de-açúcar na região Centro-Sul do país. Foram utilizadas também informações da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

<sup>3</sup> <http://bacias.fct.unesp.br>

<sup>4</sup> <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>

#### 5.4. Organização dos dados e elaboração do modelo de escoamento superficial

Para a elaboração do mapa de Curve Number (CN), o qual indica a impermeabilidade da superfície, foi necessário realizar a associação das classes dos grupos hidrológicos de solo com as classes de cobertura e uso da terra da UGRHI nos dois períodos. Para a atribuição dos valores de CN, utilizou-se a tabela de valores padrão do SCS. O quadro 6 apresenta os valores atribuídos as classes de cobertura e uso associadas aos solos para o ano de 1962:

Quadro 6 -Tabela CN para o uso da terra de no Pontal do Paranapanema em 1962

Número	Classe	Tabela padrão	GHS			
			A	B	C	D
2	Área Urbana	Área urbana em desenvolvimento	77	86	91	94
3	Florestal	Florestas Densas, de alta transpiração	26	52	62	69
4	Campestre (áreas úmidas)	Florestas Esparsas	46	68	78	84
5	Silvicultura	Florestas Muito esparsas, de baixa transpiração	56	75	86	91
6	Cultura Permanente	Combinação de bosques Deficiente	57	73	82	86
7	Cultura Temporária	Plantações regulares Em fileiras retas	64	76	84	88
8	Pastagem	Pastagens Pobres, em curvas de nível	47	67	81	99
9	Cerrado	Campos permanentes Normais	36	60	73	79

Fonte: Fonte: Adaptado de NHE (2004, p. 3); TUCCI (2004, p. 405); SARTORI (2010, p. 44).

No caso das áreas urbanas, para o ano de 1962, foram considerados os valores de CN para áreas urbanas em desenvolvimento. Para a classe florestal, atribuíram-se os valores para florestas caracterizadas como densas, de alta transpiração, considerando que as áreas florestais presentes na época eram remanescentes da vegetação natural daquele ambiente.

Para a classe campestre foram atribuídos os valores para florestas esparsas, levando em consideração que no Pontal esta classe abrange em geral áreas úmidas. Assim, atribuiu-se o CN pensando nas matas ciliares.

No caso da silvicultura, aplicaram-se os valores de CN para florestas caracterizadas como muito esparsas, de baixa transpiração.

Para as culturas permanentes atribuiu-se os valores de CN para a cobertura e uso identificados como combinação de bosques (pomares ou árvores) e gramíneas na tabela padrão, na condição deficiente. Já para as culturas temporárias, aplicaram-se os valores para plantações regulares, cultivadas em fileiras retas.

Para pastagem, consideraram-se os valores de CN para pastagens em condições pobres, em superfície com curvas de nível. Para o cerrado aplicou-se o CN para campos permanentes, em condições normais.

Para a cobertura e uso da terra de 2014, considerou-se o CN de áreas urbanas caracterizadas como adensadas, conforme apresenta o quadro 7.

Quadro 7 – Tabela CN para o uso da terra de no Pontal do Paranapanema em 2014

Número	Classe	Tabela padrão	GHS			
			A	B	C	D
2	Área Urbana	Área urbana Adensada	61	75	83	87
3	Florestal	Florestas Esparsas	46	68	78	84
	Unidade de Conservação	Florestas Densas, de alta transpiração	26	52	62	69
4	Campestre (áreas úmidas)	Florestas Esparsas	46	68	78	84
5	Silvicultura	Florestas Muito esparsas, de baixa transpiração	56	75	86	91
6	Cultura Permanente	Combinação de bosques Deficiente	57	73	82	86
7	Cultura Temporária	Plantações regulares Em fileiras retas	64	76	84	88
8	Pastagem	Pastagens Pobres, em curvas de nível	47	67	81	99

Fonte: Fonte: Adaptado de NHE (2004, p. 3); TUCCI (2004, p. 405); SARTORI (2010, p. 44)

No caso da classe florestal, optou-se por dividi-la entre florestal e unidade de conservação no momento de atribuir os valores de CN. Considerou-se como unidade de conservação a área do Morro do Diabo, levando em conta que é uma área com vegetação remanescente. Assim, os valores de CN atribuídos referem-se às florestas caracterizadas como densas, de alta transpiração.

As demais áreas classificadas como florestais, foram consideradas como fragmentos, portanto aplicaram-se os valores de CN para classes consideradas como florestas esparsas.

No caso da classe campestre, novamente aplicou-se os valores para florestas esparsas. Para silvicultura, considerou-se o CN para florestas caracterizadas como muito esparsas, de baixa transpiração.

Para as culturas permanentes e temporárias, mantiveram-se os valores de CN para combinação de bosques (pomares ou árvores) e gramíneas e plantações regulares, respectivamente. No caso da pastagem, atribuiu-se valores de CN referentes as pastagens em condições pobres, em superfície com curvas de nível.

Posterior a atribuição dos valores de CN, foi elaborado o mapa utilizando o ArcGis<sup>®</sup>, através da extensão HEC-GeoHMS<sup>5</sup>.

A partir dos mapas de CN, foram produzidos os mapas de capacidade de infiltração (S), através da equação 5. O mapeamento foi elaborado por meio de álgebra de mapas no SIG ArcGis<sup>®</sup>, a partir da ferramenta *raster calculator*.

O mapeamento da estimativa de escoamento para os períodos foi realizado no ArcGis<sup>®</sup>, a partir da equação 4. Para tanto, utilizou-se a ferramenta *raster calculator*, onde foram associados os mapas de capacidade de infiltração e os mapas com a distribuição dos dados de precipitação dos anos de 1962 e 2014.

Foram elaborados os mapas de escoamento com os totais de precipitação por estações pluviométricas, para os anos de 1962 e 2014.

Efetivamente para entender o grau de influência das mudanças de uso e cobertura da terra sob o escoamento superficial foi necessário elaborar um mapa simulando as mesmas condições pluviométricas para a UGRHI. Para tanto utilizou-se a média da série histórica (1960 a 2015) das estações para a gerar a estimativa de escoamento para os anos de 1962 e 2014. Assim, partiu-se do pressuposto que o meio físico e o total de chuvas é mesmo para os dois períodos e as diferenças no escoamento superficial foram devido às diferenças de cobertura e uso da terra.

---

5 Geospatial Hydrologic Modeling Extension.

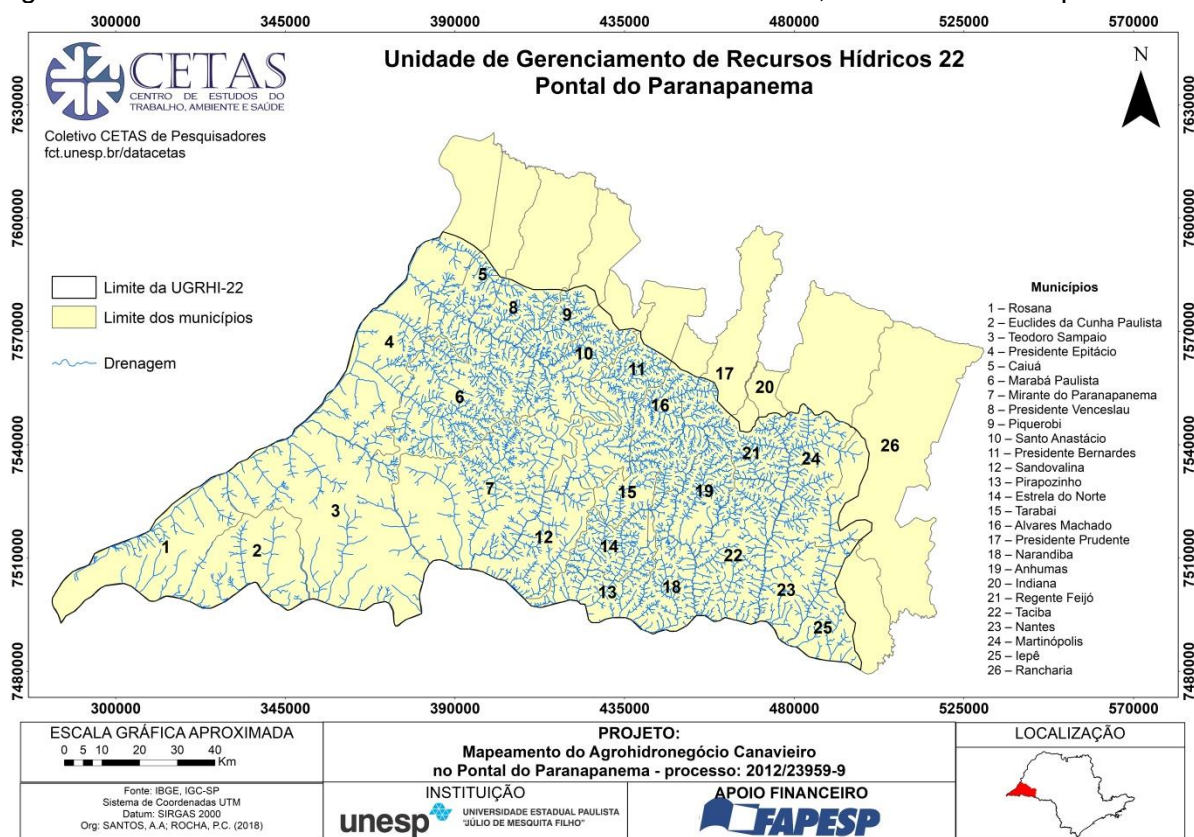
Disponível em <<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms/>>

## 4. ÁREA DE ESTUDOS

### 4.1. Meio Físico

A área de estudo compreende parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, recorte pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22) (figura 7). Localiza-se no oeste do estado de São Paulo e faz divisa com os estados do Mato Grosso do Sul e Paraná. Sua área de drenagem corresponde a 11. 838 km<sup>2</sup>.

Figura 7 - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22, Pontal do Paranapanema



Segundo o Relatório de Situação Zero da UGRHI 22 (CPTI, 1999), as unidades litoestratigráficas que afloram na UGRHI-22 são constituídas por rochas sedimentares e ígneas da bacia do Paraná, de idade mesozóica, e depósitos sedimentares recentes, de idade cenozóica. A figura 8 apresenta a geologia do Pontal.

A UGRHI 22 está disposta majoritariamente sobre rochas do Grupo Bauru, abrangendo as Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina. A área apresenta

também rochas do Grupo São Bento, abrangendo a Formação Serra Geral, bem como depósitos cenozóicos.

A Formação Serra Geral constitui-se por derrames basálticos toleíticos, textura afanítica, com intercalações de arenitos finos a médios, intertrapeanos (CPTI, 1999).

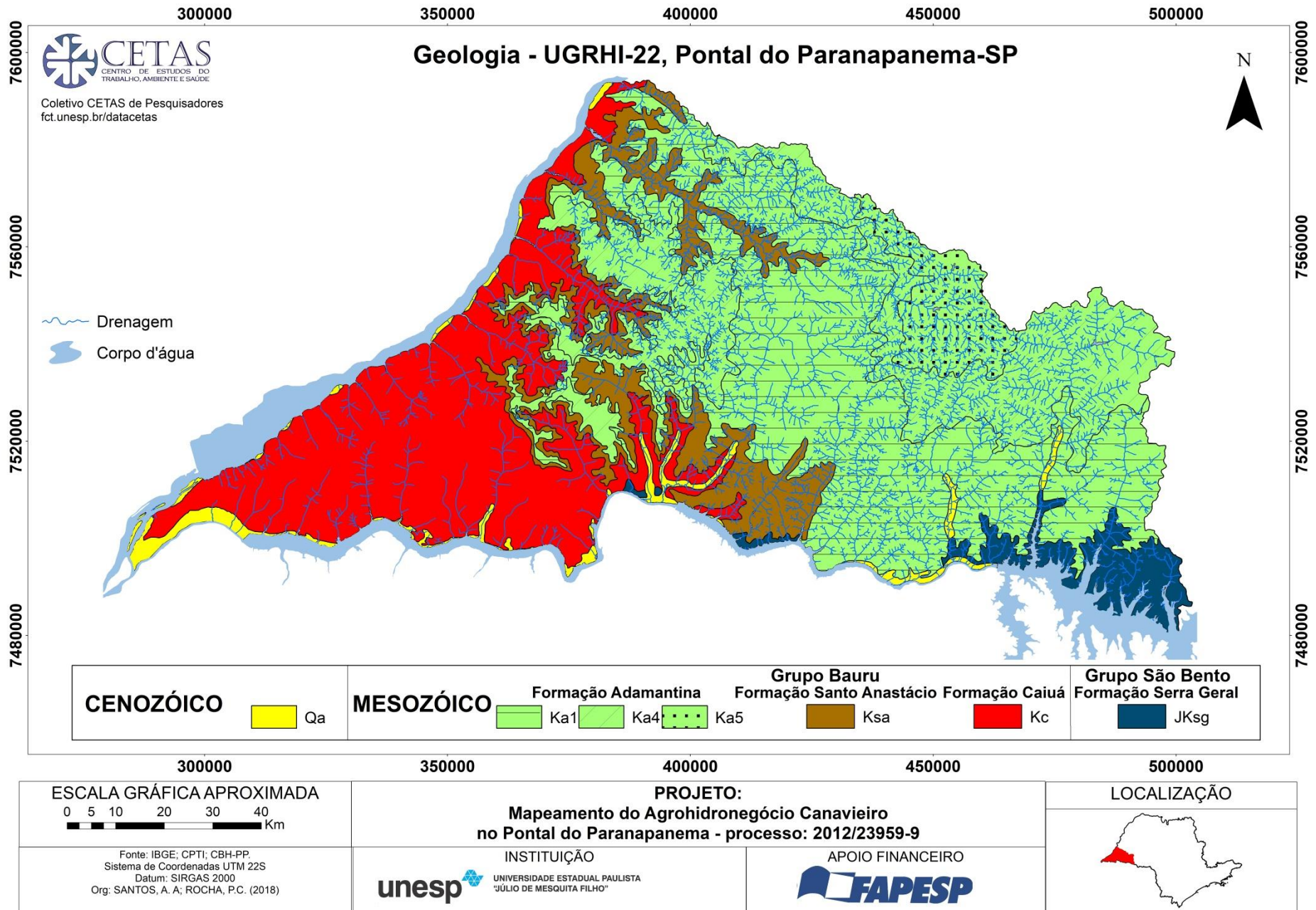
Segundo Almeida (1964), a Formação Caiuá estende-se na região onde confluem os rios Paraná e Paranapanema, e subindo pelos vales. A Formação é constituída por arenitos finos e médios, bem arredondados, apresentando estratificações cruzadas de grande a médio porte (CPTI, 1999).

A Formação Santo Anastácio ocorre em todo o oeste do estado de São Paulo, *“sempre nas porções baixas dos vales vinculados aos afluentes do Rio Paraná e, restritamente, acompanham alguns vales de afluentes da vertente norte do rio Paranapanema em contato direto com o basalto da Formação Serra Geral”* (BOIN, 2000, p. 11). As rochas desta Formação são constituídas por arenitos finos a médios, mal selecionados, subordinadamente arcoseanos, geralmente maciços, localmente com cimento e nódulos carbonáticos (CPTI, 1999).

De acordo com Boin (2000), a Formação Adamantina ocorre na maior parte do Planalto Ocidental Paulista, exceto nos vales dos rios, onde a erosão removeu seus sedimentos. Esta Formação abrange um conjunto de facies cuja principal característica é a presença de bancos de arenitos de granulacao de fina a muito fina, cor de róseo a castanho, portando estratificacao cruzada, *“alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamiticos, de cor castanho-avermelhado a cinza-castanho, macicos ou com acamamento plano-paralelo grosseiro, frequentemente com marcas de onda e microestratificacao cruzada”* (SOARES et al, 1980, p. 180)



Figura 8 – Mapa geológico da UGRHI-22

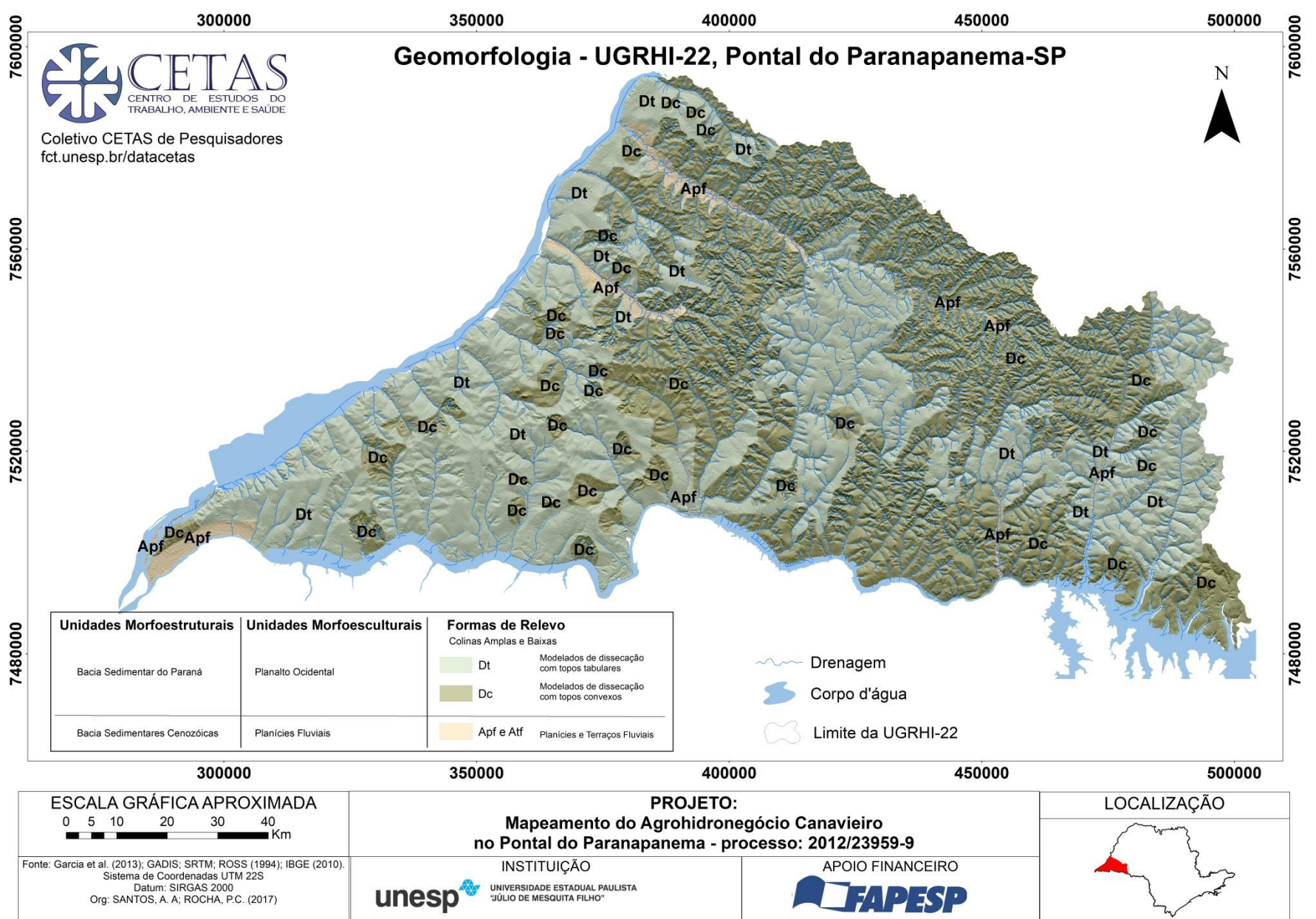


O clima do Oeste Paulista é do tipo tropical, situado em uma área de transição climática. De acordo com Boin (2000), na região ocorre o conflito das massas Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar Atlântica, havendo também a participação esporádica da massa Equatorial Continental.

A área é caracterizada pela presença de um período seco no inverno e um período chuvoso durante o verão. Segundo Ferrari Leite (1998), o Pontal do Paranapanema tem o clima caracterizado pela transitoriedade entre o Tropical e o Subtropical.

O Pontal do Paranapanema situa-se geomorfologicamente no Planalto Ocidental Paulista. Segundo Almeida (1964), a maior parte desta morfoescultura abrange um relevo uniforme e monótono, com extensos espigões de perfis convexos e topos ondulados, configurando baixas e amplas colinas (figura 9). De acordo com Ferrari Leite (1998), a monotonia do relevo apenas é quebrada pelo aparecimento dos testemunhos “Morro do Diabo e “Morro Santa Ida”.

Figura 9 - Mapa Geomorfológico da UGRHI-22



Predominam os modelados de relevo com topos convexos e tabulares, com presença de terraços e planícies fluviais. As formas Dt, em sua maioria, apresentam fraca dissecação (quadro 8). Quanto aos Dc, predominam feições com grau médio de dissecação.

Quadro 8 - Distribuição das formas de relevo na UGRHI-22

<b>Modelados</b>	<b>Dissecação do Relevo</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Proporção (%)</b>
Planícies e Terraços fluviais	-	309,7	3
Topos tabulares	Fraca	5230,4	42,1
	Média	979,7	7,9
Topos convexos	Fraca	657,1	5,3
	Média	4881,7	39,2
	Forte	303,6	2,4
	Muito forte	65,7	0,5

Fonte: Garcia et al (2013). Org: autor.

De acordo com Leal (2000), nas áreas onde predominam colinas amplas, a UGRHI 22 possui drenagem de baixa densidade, com um padrão sub-dendrítico, planícies aluviais interiores restritas e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

As áreas de colinas médias apresentam drenagem de média à baixa densidade, com padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes (LEAL, 2000).

Leal (2000) cita que morrotes alongados e espigões são encontrados nas cabeceiras do rio Santo Anastácio, ao longo dos espigões divisores desta com a bacia do rio do Peixe. Estas áreas apresentam drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico e vales fechados.

Boin (2000), cita que os solos da região têm sua gênese de rochas areníticas do Grupo Bauru e de rochas básicas do Grupo São Bento (Serra Geral). Segundo Leite (1998), os solos da região são fortemente arenosos, devido a origem de rochas areníticas.

Os latossolos vermelho-amarelos e argissolos vermelho-amarelos são predominantes na UGRHI-22, conforme a figura 10. Em geral, os latossolos

caracterizam-se por serem solos muito intemperizados, profundos e com boa drenagem (IBGE, 2007)

Já os argissolos apresentam textura média ou arenosa em superfície e, em sua maioria, são solos profundos a muito profundos, com boa drenagem (SARTORI et al, 2005; IBGE 2007).

Os gleissolos, classe também presente na bacia, são solos característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento, que apresentam más condições de drenagem (IBGE, 2007).

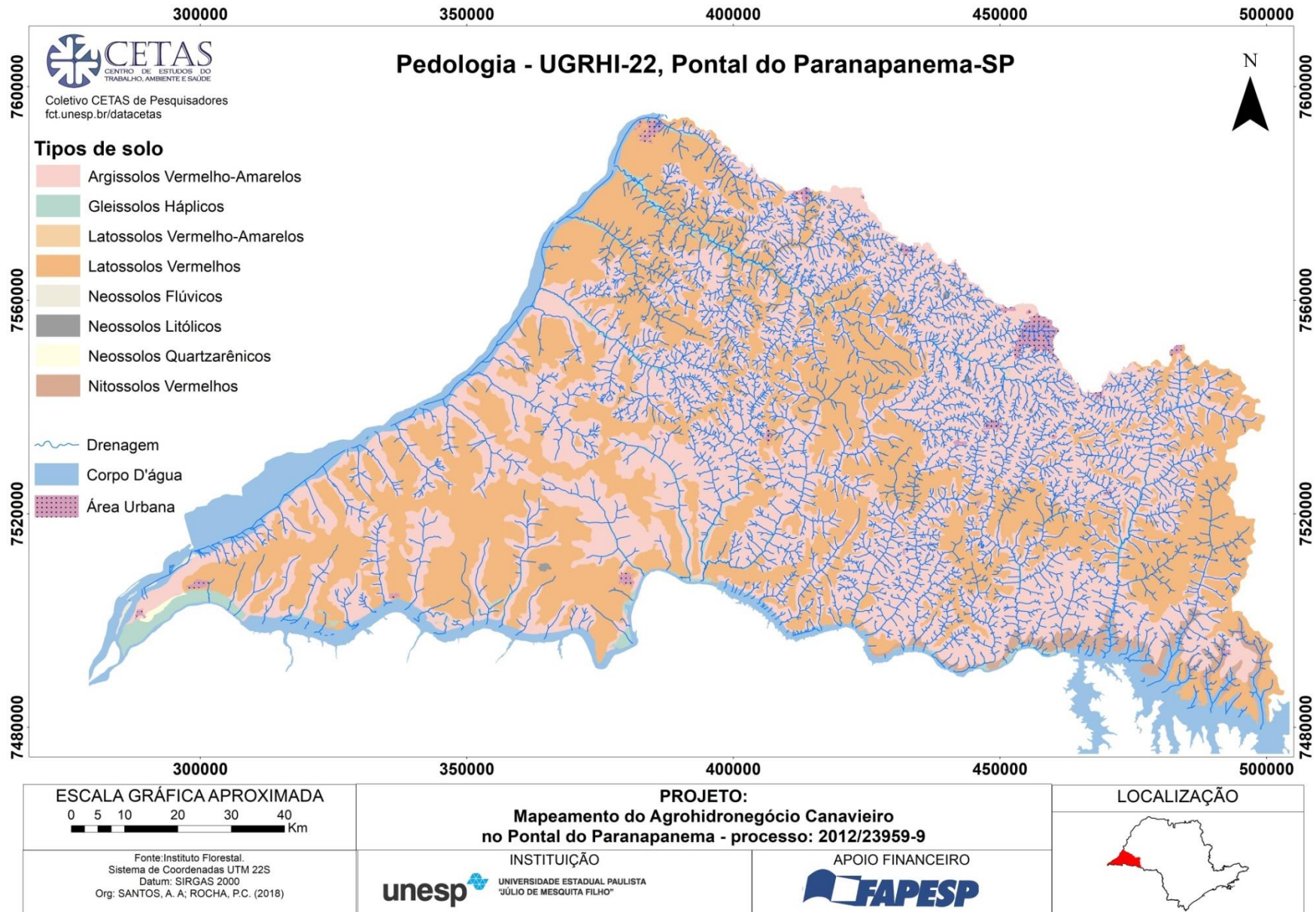
Já os nitossolos, possuem textura argilosa ou muito argilosa, com pouca diferença textural. Segundo Sartori et al. (2005), são solos que possuem erodibilidade moderada e possuem boa drenagem devido à alta porosidade.

Quanto aos neossolos, estes são solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso. De acordo com o manual pedológico (IBGE, 2007), os neossolos:

Congregam solos rasos, Neossolos Litólicos; ou profundos e arenosos Neossolos Quartzarênicos; ou profundos e arenosos com presença considerável de minerais primários de fácil intemperização, Neossolos Regolíticos; ou ainda, solos constituídos por sucessão de camadas de natureza aluvionar, sem relação pedogenética entre si, Neossolos Flúvicos (IBGE, 2007, p 294).

No caso da UGRHI 22, encontram-se áreas com neossolos dos tipos flúvico, litólico e quartzarênico.

Figura 10 - Mapa Pedológico da UGRHI-22

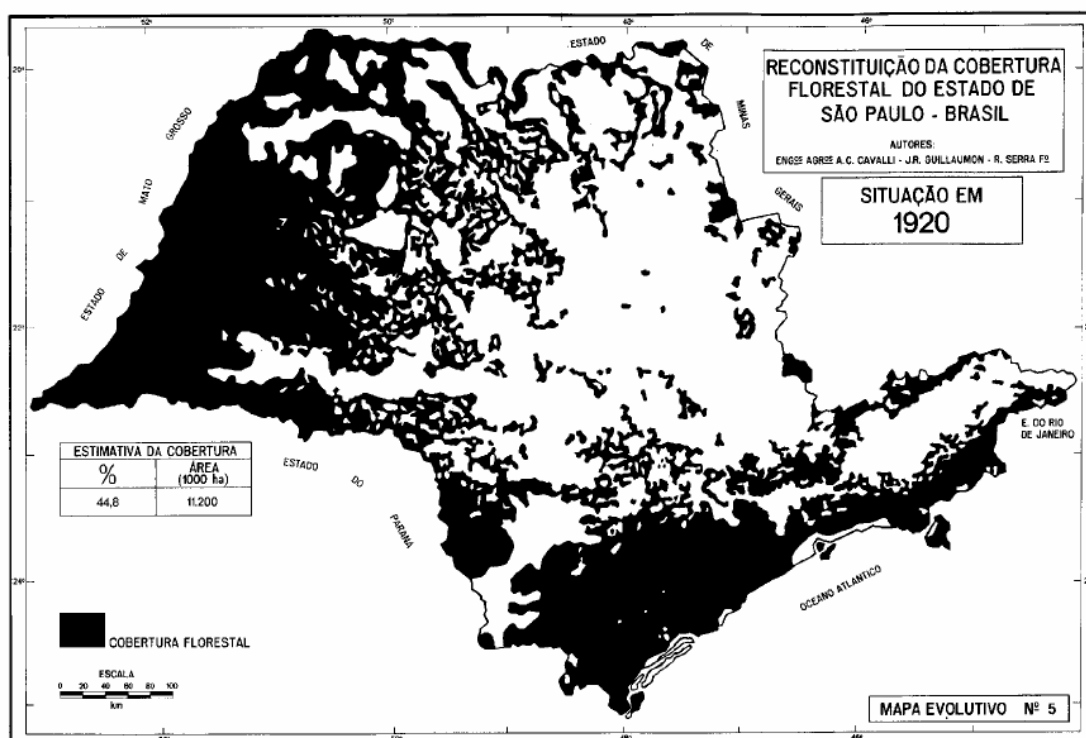


## 4.2. Processo de Ocupação do Pontal do Paranapanema

A ocupação do Pontal foi impulsionada pela abertura da Estrada de Ferro Sorocabana, atingindo área de Presidente Prudente em 1917 (FERRARI LEITE, 1998). De acordo com Passos (2004), o processo de ocupação pelos pioneiros do oeste paulista caminhou em conjunto com a linha de ferro que se estabeleceu ao longo dos espigões. Como aponta Ferrari Leite (1998), incentivada pelo governo federal, “a estrada de ferro, antecedendo o café, cortou os sertões em busca do Rio Paraná” (FERRARI LEITE, 1998, p. 32).

A figura 11 apresenta a situação da cobertura florestal no estado de São Paulo em 1920:

Figura 11 - Situação da cobertura florestal no Estado de São Paulo em 1920



Fonte: Victor et al (2005, p. 26)

O setor cafeeiro estimulou a expansão ferroviária, o que permitiu a fundação de municípios na região. Surgiram assim cidades como Presidente Prudente (1917), Presidente Bernardes (1919), Santo Anastácio (1920), Presidente Venceslau (1921) e Presidente Epitácio (1922) (PASSOS, 2004).

De acordo com Nunes (2009), a ferrovia forneceu uma relação econômica com a via fluvial, possibilitando o transporte de gado, madeira, produtos agrícolas e mantimentos, além do deslocamento das pessoas.

A marcha pioneira para o Oeste Paulista deu-se com a expansão da cafeicultura, que foi motivada pelos estoques de terras (fazendas, sítios e florestas), pela introdução da mão de obra imigrante (italiana e japonesa), pela tecnologia da mecanização agrícola (máquina norte americana Lidgerwood) e pela construção das estradas de ferro. Ademais, a economia cafeeira paulista apresentou uma estrutura capitalista, com grandes propriedades, sua expansão implicou na ocupação das terras interioranas (SOUSA, 2008, p.34).

Ferrari Leite (1998), cita a continuidade da derrubada das matas na região na década de 1930. Segundo o autor, no município de Presidente Prudente em 1936 funcionavam nove grandes serrarias. Nesta mesma década, os municípios de Rancharia e Presidente Prudente ficaram entre os maiores produtores de algodão do estado (FERRARI LEITE, 1998).

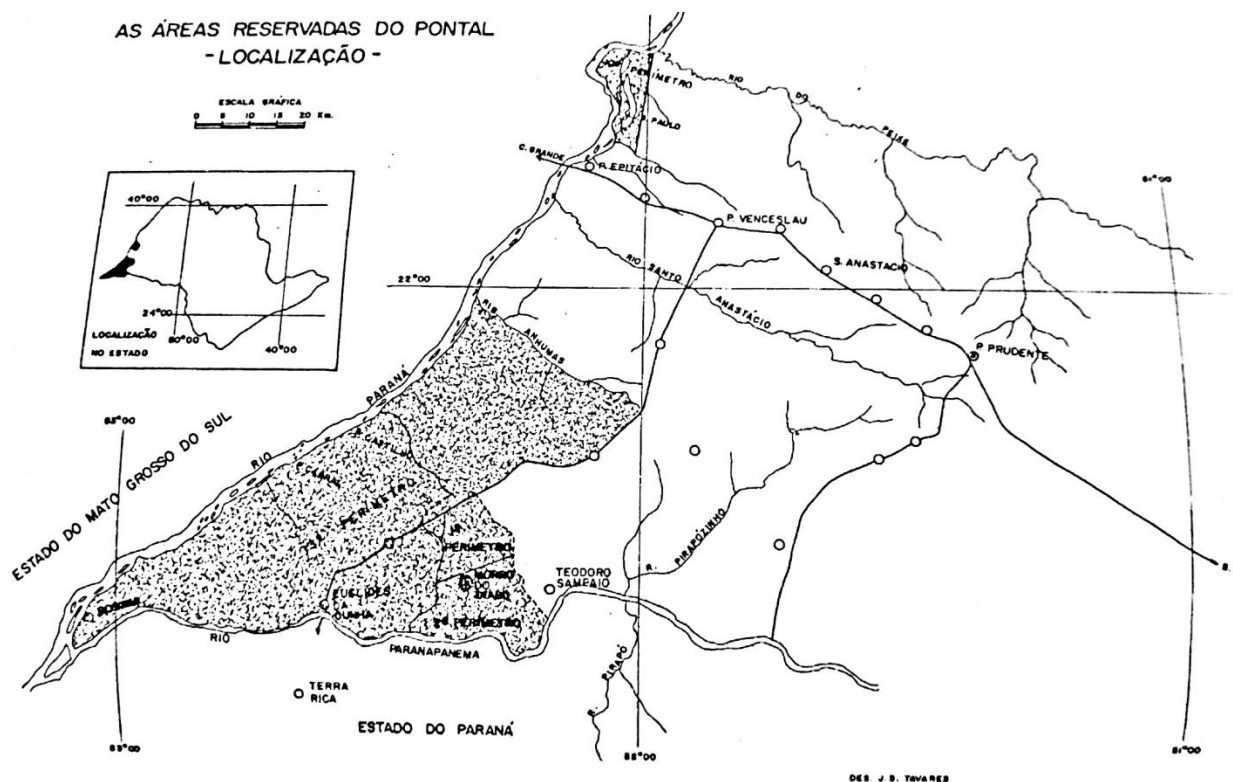
Segundo Passos (2004), a chegada da fronteira agrícola em 1940 na área do atual município de Mirante do Paranapanema, provocou o início do processo de desmatamento e ocupação agrícola, com base essencialmente na cultura do algodão e do amendoim.

Nesse momento, a fronteira agrícola não ultrapassou os ribeirões de Santo Antônio e das Anhumas, que passaram, assim, a limitar duas porções de ocupação bem diferenciadas: a leste, uma ocupação agrícola que provocou uma morfogênese muito agressiva, resultando num rápido exaurimento do solo, com erosão e assoreamento dos córregos e, a oeste desses ribeirões, a mata semidecídua, que somente mais tarde passou a ser substituída pelas pastagens (1945-1962), com uma evolução dinâmica característica, diferenciada da anterior (PASSOS, 2004, p. 178).

Victor et al (2005), destaca que as matas da região do Pontal do Paranapanema eram relativamente extensas anterior a década de 40, até o governo transformá-las em Reserva Florestal. Em 1941, o governador do Estado Fernando Costa criou a primeira Reserva Florestal do Pontal, conhecida como Reserva Florestal do Morro do Diabo (RABELLO, 2011). Segundo o autor, em 1942 foram criadas outras duas reservas: Reserva Lagoa São Paulo e a Grande Reserva do Pontal (figura 12).



Figura 12 - Localização das Reservas do Pontal do Paranapanema



Fonte: FERRARI LEITE, 1998, p. 62

A criação das reservas florestais no Estado de São Paulo, pelo governador Fernando Costa, foi uma tentativa de conter, em princípio, o desmatamento desenvolvido pela frente pioneira e as disputas constante de terras entre os grileiros, nas últimas áreas florestais do Planalto Ocidental (FELICIANO, 2009, p. 244). De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA, 2011), o Pontal do Paranapanema possui em seu histórico fundiário o mais conhecido caso de grilagem de terras no país. Segundo o documento, mesmo sendo de conhecimento a irregularidade envolvida na ocupação desse território, o desenvolvimento econômico sempre esteve ligado aos empreendimentos agropecuários instalados na área.

Segundo Feliciano (2009), embora a criação das reservas na região do Pontal tivesse a finalidade de transferir o caráter devoluto das terras para a questão ambiental, a tentativa não impediu o avanço de negociações de terras e o processo de grilagem.

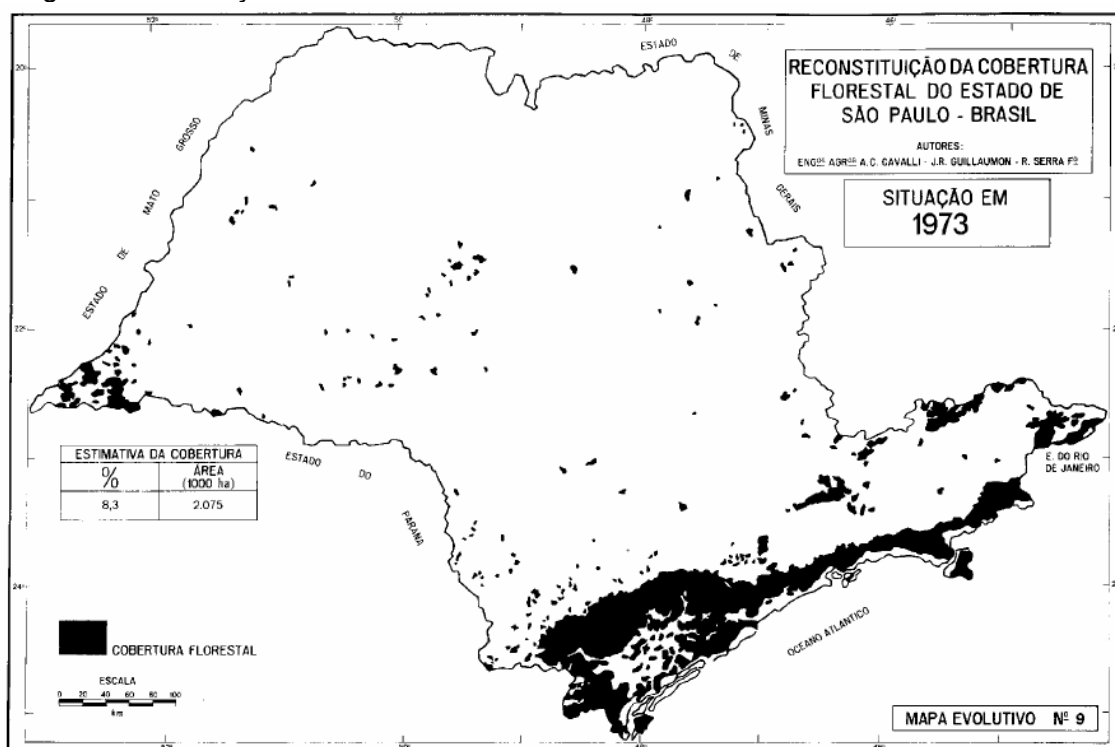
De acordo com Poletti (2010), na década de 1950 a expansão da pecuária incentivou a instalação de frigoríficos na região do Pontal, resultando no maior

interesse na criação de pastos. Tal incentivo permeia até a década de 1960, com a diminuição do plantio de algodão, predominando a diversificação de plantio de outros produtos agrícolas e aumento da pecuária (SMA, 1999 apud POLETTI, 2010).

Nas décadas de 1970 e 1980, as terras destinadas ao cultivo do café e com florestas remanescentes são substituídas por grandes áreas destinadas à pecuária (POLETTI, 2010). Victor et al (2005), destaca que em decorrência da pecuária e agricultura desordenada, em 1973 a mata do Pontal (figura 13) apresentava:

[...] um impressionante rendilhado, descontínuo e irregular, entremeado de capoeira rala, onde a única extensão mais ou menos significativa é representada pela “Reserva Florestal do Morro do Diabo”. Há severas denúncias de que já se usam nessa região poderosos desfolhantes químicos, com o objetivo de apressar a morte das árvores e desta forma liberar o terreno rapidamente para a agropecuária (VICTOR et al, 2005, p. 38).

Figura 13 - Situação da cobertura florestal no Estado de São Paulo em 1920



Fonte: Victor et al (2005, p.50)

Segundo Poletti (2010), a década de 1980 também é marcada pela de instalações de indústrias no Pontal, principalmente voltadas a derivados de carnes, leite e bebidas. Por outro lado, nos anos de 1970 e 1980 há registros de casos de

lutas pela permanência na terra, iniciadas por arrendatários (MDA, 2011). Segundo Ministério do Desenvolvimento Agrário, algumas dessas disputas chegaram à década de 1990, “com acampamentos e ocupações na forma de posse, o que levou a que parte desses trabalhadores fossem beneficiados pela política de assentamentos realizada no período recente” (MDA, 2011, p.20).

Assim como ressalta Rabello (2011), os assentamentos rurais são a expressão dos resultados da luta pela terra. De acordo com o autor, no Pontal existem 112 assentamentos rurais que correspondem a 43,7% do total de assentamentos do estado de São Paulo. Barreto (2012), salienta que embora tenha ocorrido a implantação de assentamentos na região, ainda existem trabalhadores ligados aos movimentos de luta pela terra que esperam em acampamentos por um lote de terra.

Atualmente a cobertura e uso da terra da região do Pontal do Paranapanema são tomados predominantemente por pastagem e cana-de-açúcar (CBH-PP, 2011). Segundo Barreto (2012), a expansão do agronegócio canavieiro na região do Pontal ocorreu em dois momentos distintos, ligados a períodos de reestruturação do setor canavieiro.

O primeiro momento foi na década de 1970, caracterizado pela formação dos primeiros canaviais e implantação das primeiras unidades canavieiras, sob influência do segundo período do PROALCOOL. O segundo período da expansão da cana se deu a partir de 2005, impulsionada pela produção de veículos *flex fuel* (BARRETO, 2012).

Thomaz Junior (2014), aponta que as áreas de cultivo de cana-de-açúcar no Pontal se sobrepõem às terras com pendências jurídicas. Assim a região, contempla “diferentes situações e estágios processuais, desde terras devolutas já decretadas, ações discriminatórias em andamento, paralisadas, parcialmente legitimadas e também sobre terras particulares” (THOMAZ JUNIOR, 2014, p. 14-15).

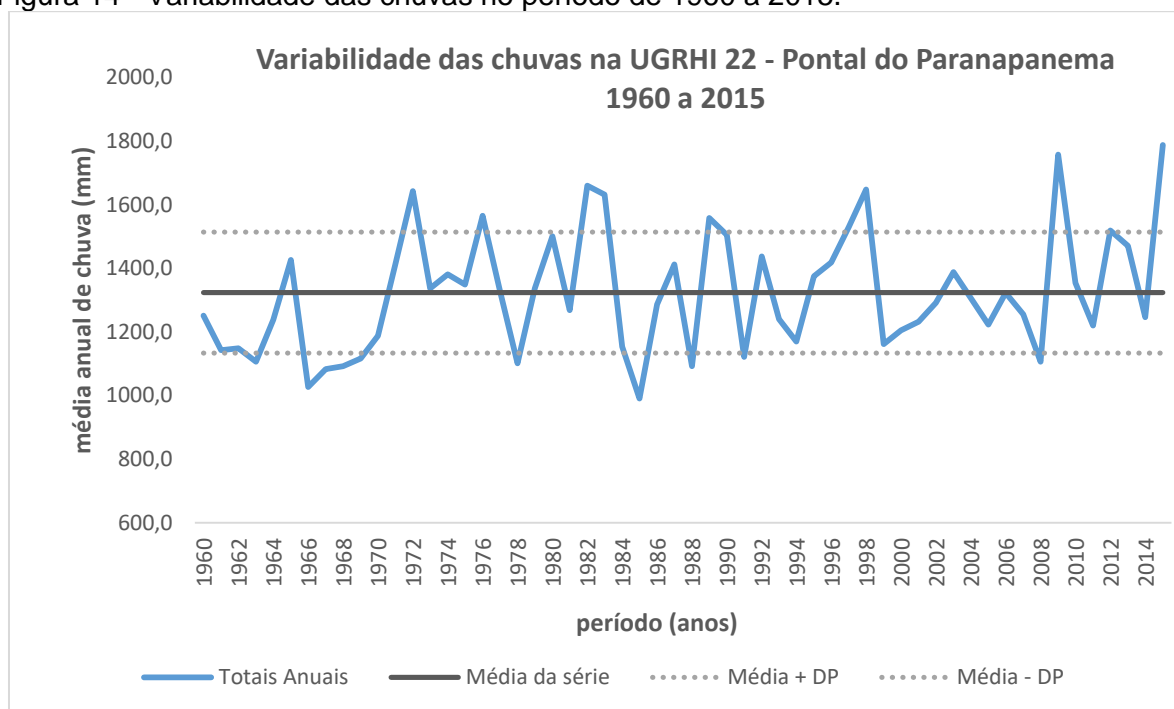
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Comportamento das chuvas na UGRHI-22

Analisando os dados, notou-se significativa variabilidade anual das chuvas na região do Pontal do Paranapanema, tendo a série histórica apresentado precipitação máxima de 1787,5 mm no ano de 2015 e precipitação mínima de 990,2 mm no ano de 1985.

A média anual das chuvas no período de 1960 a 2015 é de 1323,4 mm, apresentando desvio-padrão de 190,2 mm. A figura 14, apresenta o comportamento das chuvas no período:

Figura 14 - Variabilidade das chuvas no período de 1960 a 2015.



Fonte: DAEE. Org: autor

Os anos de 1972, 1976, 1982, 1983, 1998, 2009 e 2015 tiveram precipitações acima da média geral, variando entre 1600 mm a 1800 mm. Já os anos de 1966, 1967, 1969, 1978, 1985, 1988, 1991 e 2008 apresentaram valores abaixo da média geral, variando entre 990 mm a 1100 mm.

Foi possível notar uma relação entre a variabilidade anual da série com o fenômeno *ENOS*. Os anos que apresentaram os valores máximos de precipitação da série, citados anteriormente, coincidem com anos de ocorrência do *El Niño*.

Conforme demonstrado na figura 15, os anos de 1972, 1982, 1983, 1998 tiveram forte ocorrência do fenômeno. Já o ano de 1976 teve ocorrência classificada como fraca.

Figura 15 - Ocorrências El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

A – Ocorrências de *El Niño*; B – Ocorrências de *La Niña*

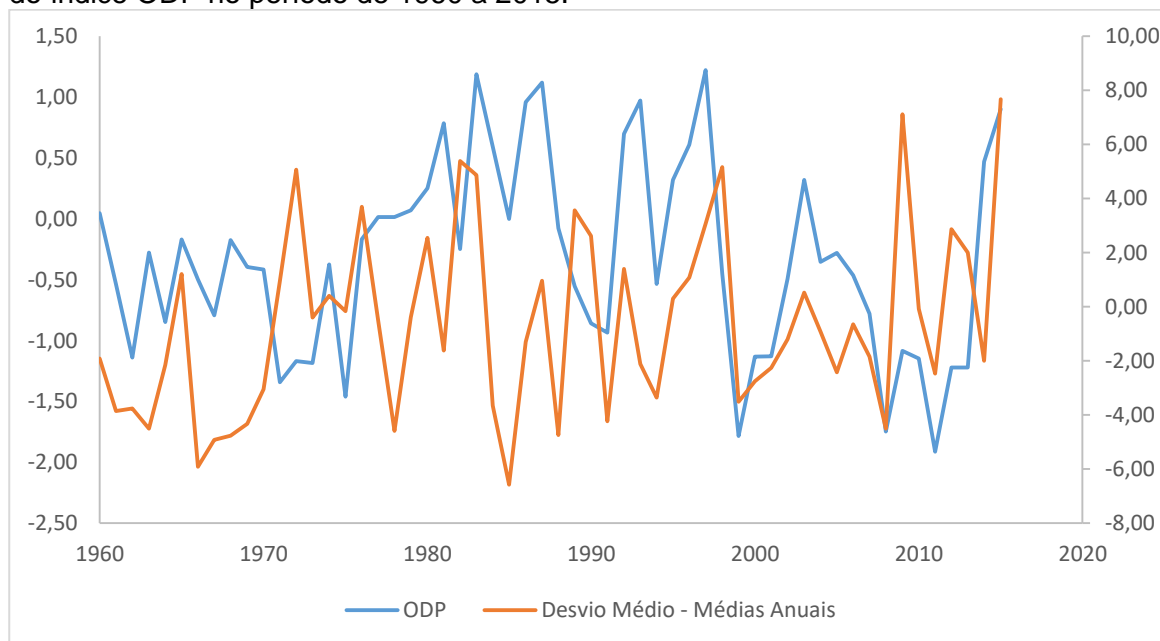
<b>A</b>	1877 - 1878	1888 - 1889	<b>B</b>	1886	1903 - 1904
	1896 - 1897	1899		1906 - 1908	1909 - 1910
	1902 - 1903	1905 - 1906		1916 - 1918	1924 - 1925
	1911 - 1912	1913 - 1914		1928 - 1929	1938 - 1939
	1918 - 1919	1923		1949 - 1951	1954 - 1956
	1925 - 1926	1932		1964 - 1965	1970 - 1971
	1939 - 1941	1946 - 1947		1973 - 1976	1983 - 1984
	1951	1953		1984 - 1985	1988 - 1989
	1957 - 1959	1963		1995 - 1996	1998 - 2001
	1965 - 1966	1968 - 1970		2007 - 2008	-
	1972 - 1973	1976 - 1977		Legenda: Forte Moderada Fraco	
	1977 - 1978	1979 - 1980			
	1982 - 1983	1986 - 1988			
	1990 - 1993	1994 - 1995			
	1997 - 1998	2002 - 2003			
2004 - 2005	2006 - 2007				
2009 - 2010	-				
Legenda: Forte Moderada Fraco					

Fonte: CPTEC.

Alguns dos anos com baixa precipitação coincidem com os de ocorrência de *La Niña*. O ano de 1985 teve fraca ocorrência do fenômeno, enquanto os anos de 1988 e 2008 tiveram ocorrência do *La Niña* classificada como forte.

Em uma análise conjunta entre o comportamento das chuvas no Pontal e a Oscilação Decadal do Pacífico, foi possível estabelecer uma correlação qualitativa entre a variabilidade dos índices (figura 16).

Figura 16 - Variabilidade das médias anuais da UGRHI-22 e sua relação com a variabilidade do índice ODP no período de 1960 a 2015.

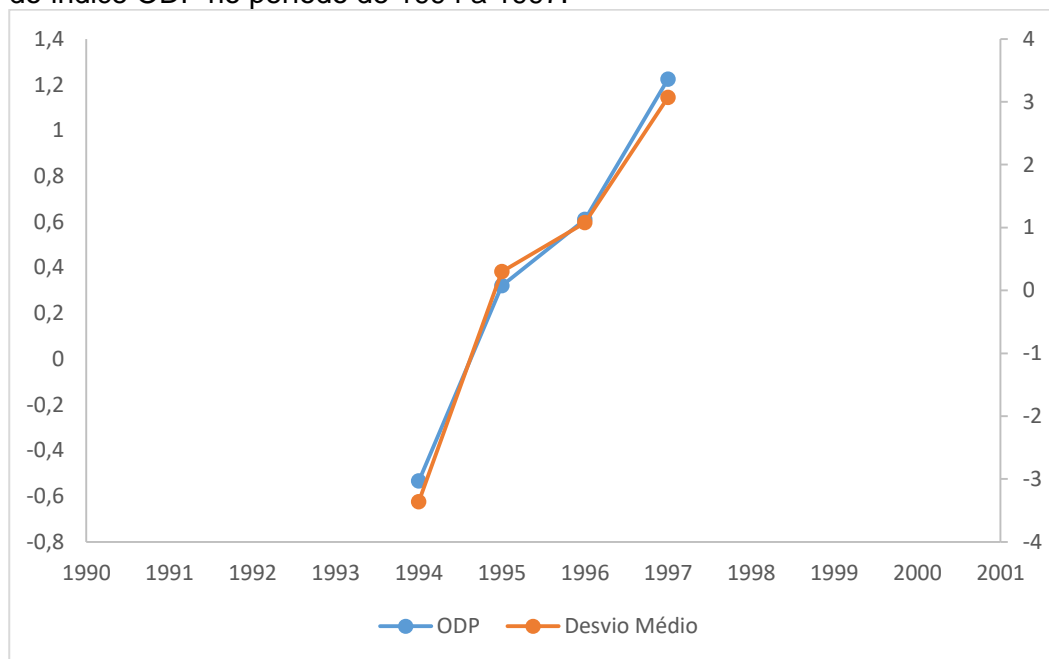


Fonte: NOAA (2017); DAEE (2017)  
Org: o autor.

Embora estatisticamente a correlação entre as variáveis tenha sido baixa, expressa pelo  $R^2 = 0,02$ , nota-se visualmente semelhanças nos padrões de variabilidade de ambas, sendo possível acompanhar contiguamente o aumento e diminuição de precipitação e temperatura ao longo da série.

Em alguns curtos períodos, no entanto, verificou-se estatisticamente tal relação. No período de 1994 a 1997 (figura 17), por exemplo, houve uma correlação alta entre as variáveis, sendo o coeficiente de determinação igual a 0,9.

Figura 17 - Variabilidade das médias anuais da UGRHI-22 e sua relação com a variabilidade do índice ODP no período de 1994 a 1997.



Fonte: NOAA (2017); DAEE (2017)  
Org: o autor

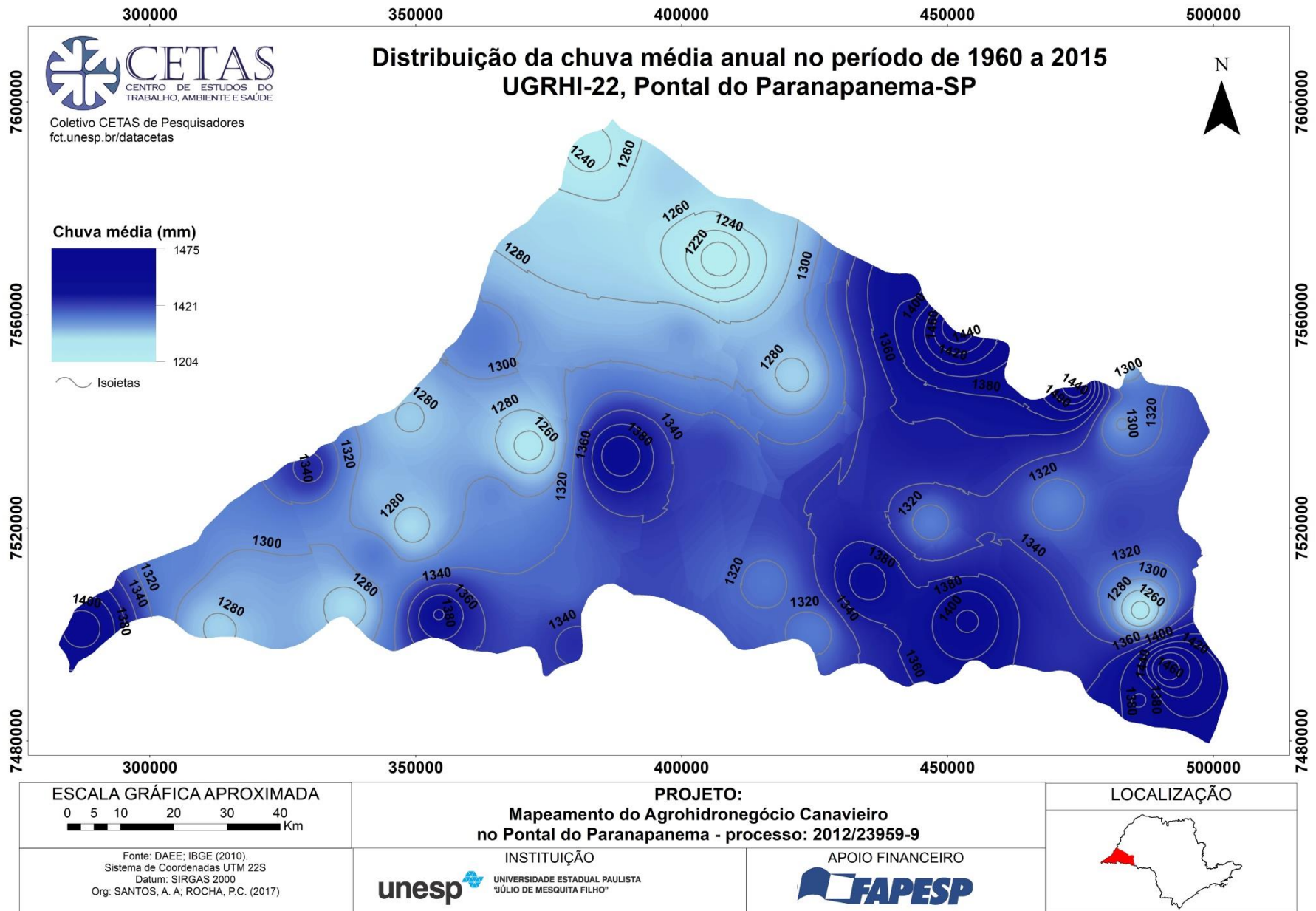
Assim, o estabelecimento de períodos torna possível construir modelos baseados em diferentes situações hidrológicas, podendo direcionar a estudos de evolução da distribuição do escoamento superficial diante do comportamento das chuvas e as mudanças do uso e cobertura da terra.

No que se refere a distribuição espacial das chuvas (figura 18), em geral observou-se maiores valores pluviométricos nas porções nordeste e sudeste da região, nos municípios de Alvares Machado, Iepê e Indiana. Os valores nas áreas variam de 1440 mm a 1460 mm. Cabe destacar parte do município de Rosana, no sudoeste, com valores pluviométricos de 1420 mm.

Os menores valores pluviométricos foram verificados ao norte e centro-oeste da região, nos municípios de Teodoro Sampaio, Presidente Venceslau, Presidente Epitácio com médias entre 1220 mm a 1300 mm. Ao sudoeste o município de Euclides da Cunha Paulista e parte do município de Rosana apresentam volumes de chuvas entre 1260 a 1300. Parte dos municípios de Nantes e Iepê também apresentam volumes baixos de chuva, com variando entre 1230 mm a 1260 mm.

De maneira geral, a porção sudeste-nordeste da região, excetuando algumas áreas, apresentou as máximas de precipitação, com valores variando de 1380 mm a 1480 mm.

Figura 18 - Mapa da distribuição da chuva média anual no período de 1960 a 2015 na UGRHI-22.





## 6.2. Grupos Hidrológicos de Solos na UGRHI-22

Baseada na proposta de classificação de Lombardi Neto (1899), a reclassificação dos solos da UGRHI-22 foi estabelecida considerando as características dos tipos de solos encontrados na UGRHI. Assim, o quadro 9 apresenta as classes de solo da área de estudo e a reclassificação quanto aos grupos hidrológicos de solos:

Quadro 9 - Grupos hidrológicos de solos na UGRHI-22

<b>Classes de Solo</b>	<b>GHS</b>	<b>Características</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Proporção (%)</b>
Latossolos Vermelhos	A	Taxa de infiltração alta	4914,3	41,3
Latossolos Vermelho-amarelos	B	Taxa de infiltração média	201,9	1,7
Neossolos Quartzarenicos	B	Taxa de infiltração média		
Nitossolos Vermelhos	B	Taxa de infiltração média		
Argissolos Vermelho-amarelos	C	Taxa de infiltração baixa	6354,6	53,5
Neossolos Flúvicos	C	Taxa de infiltração baixa		
Gleissolos Háplicos	D	Taxa de infiltração muito baixa	275,8	2,3
Neossolos Litólicos	D	Taxa de infiltração muito baixa		
Área urbana; corpo d'água.	-	-	124,7	1,05

Fonte: Instituto Florestal (2017). Org: o autor.

Verificou-se que predominam os solos do Grupo C, devido à alta ocorrência de argissolos vermelho-amarelos na UGRHI. Assim, na região há predominância de solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência a processos erosivos. As áreas com neossolos flúvicos também estão classificadas dentro do grupo hidrológico C.

Por outro lado, o grupo A é o segundo grupo de solos com alta ocorrência na área, devido a predominância dos latossolos vermelhos. Tal grupo de solos caracteriza-se por altas taxas de infiltração e resistência a processos erosivos.

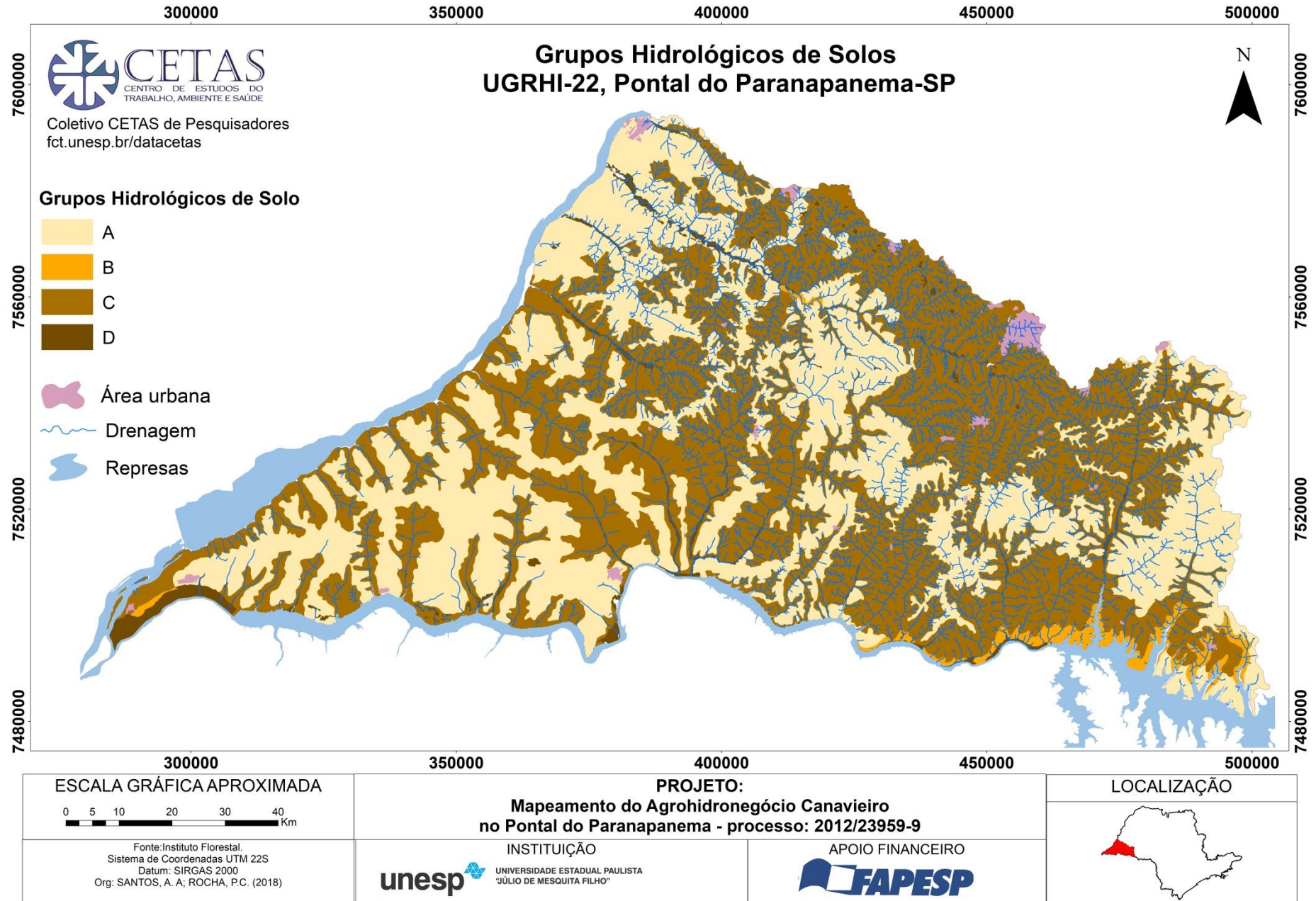
O grupo de solos B concentra-se na parte sudeste da UGRHI (figura 19), correspondendo a ocorrência de nitossolos vermelhos na área. Esse grupo apresenta moderada taxa de infiltração e resistência a erosão. A classe ocorre

também na parte norte da bacia, associada a presença de latossolos vermelho-amarelos na área.

O grupo de solos D, caracterizado pela taxa de infiltração e resistência a erosão muito baixa, ocupa 2,3% da área total da UGRHI-22, em vista da baixa ocorrência dos neossolos litólicos e gleissolos na área.

A área de estudo possui heterogeneidade no tocante a capacidade de infiltração do solo, embora seja possível identificar certa homogeneidade das características hidrológicas dos solos do ponto de vista da distribuição espacial. É neste sentido que se torna fundamental a análise integrada dos diferentes aspectos que influenciam nos processos de escoamento superficial, levando em consideração suas interações e seu arranjo espacial.

Figura 19 - Mapa de grupos hidrológicos de solo na UGRHI-22

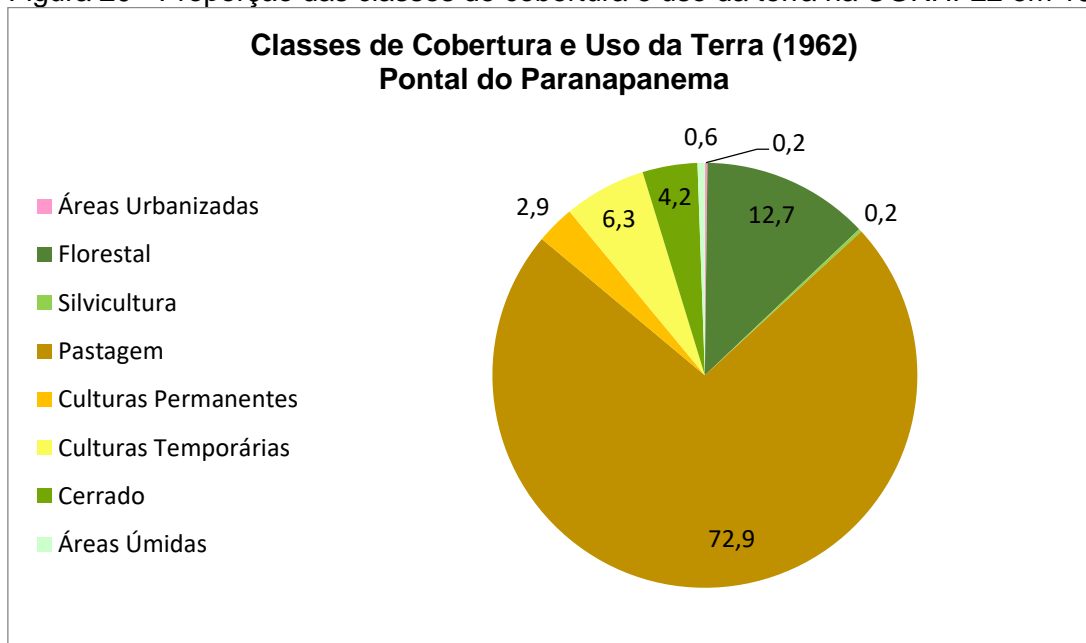


### 6.3. Mudanças na Cobertura e Uso da Terra na UGRHI-22

A partir da análise do mapa de cobertura e uso da terra do ano de 1962 (figura 21), verificou-se que predominava no Pontal do Paranapanema o uso por pastagem. Estas áreas representavam 72% da área ocupada, conforme apresenta a figura 20. Esta classe está distribuída por toda a UGRHI.

A segunda classe predominante na UGRHI em 1962 eram as áreas florestais, ocupando 12,7% da área. Estas se encontravam, em geral, concentradas na porção oeste do Pontal. A predominância de vegetação natural na área decorre, em parte, pela presença de remanescentes da Grande Reserva do Pontal na época.

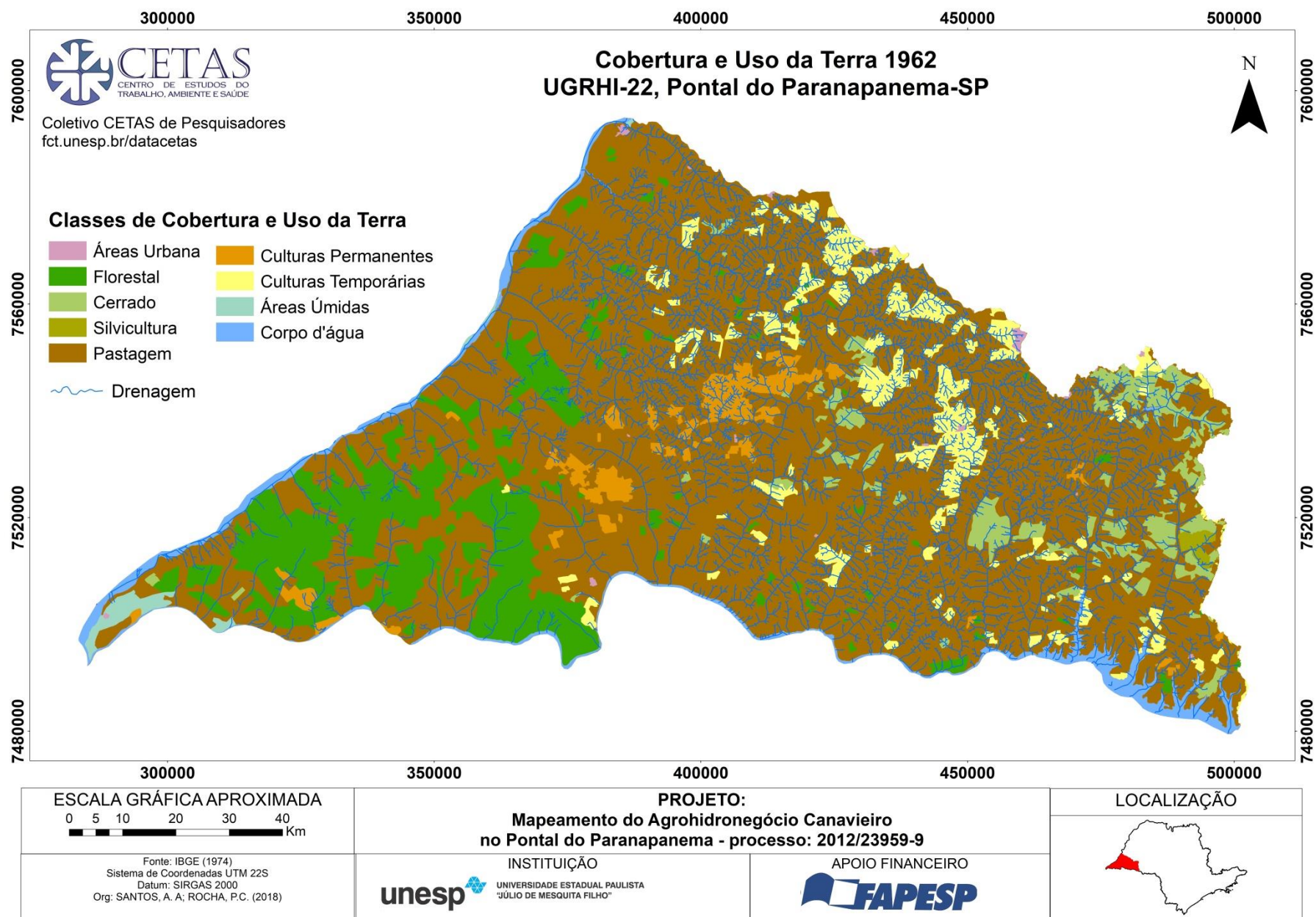
Figura 20 - Proporção das classes de cobertura e uso da terra na UGRHI-22 em 1962



Fonte: IBGE (1974). Org: o Autor

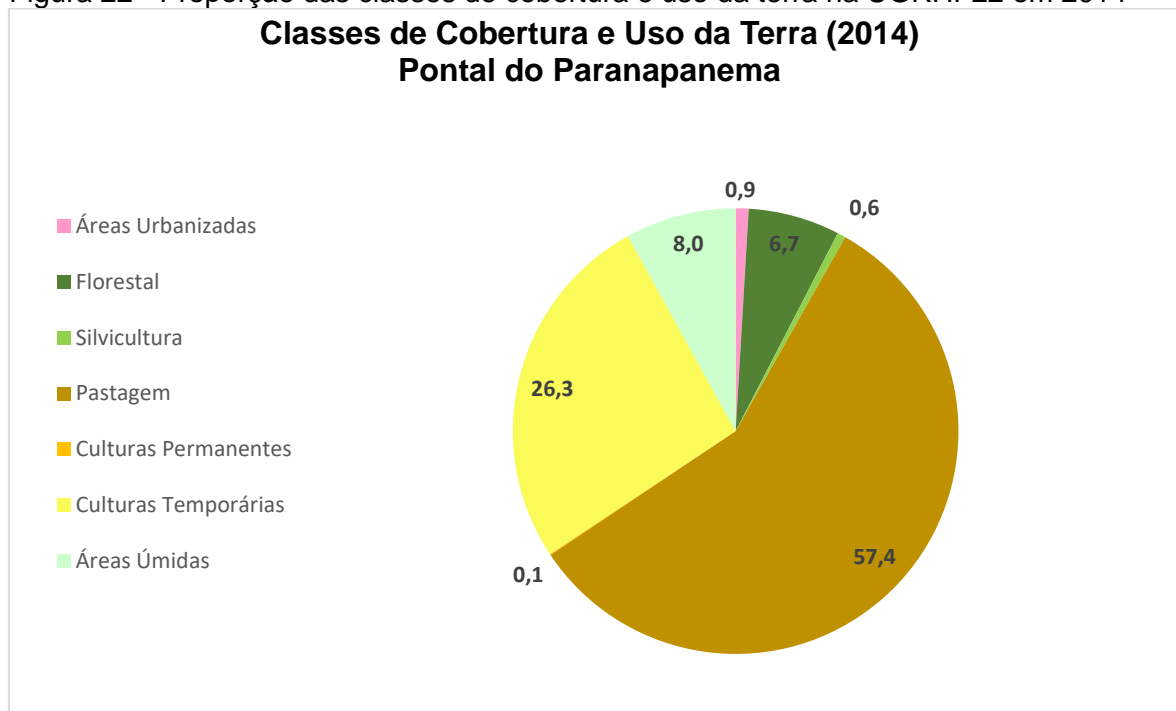
Destaca-se ainda a ocorrência de áreas de cerrado na porção leste, que ocupavam 4,2% do Pontal. Analisando essas duas classes em conjunto, verificou-se que cerca de 17% da UGRHI era coberta por vegetação natural.

As áreas de cultivo representavam 9,2% da ocupação do Pontal, predominando as culturas temporárias. A UGRHI contava com a presença de áreas de silvicultura, embora em menor ocorrência em comparação com as outras classes, ocupando 0,2% da área.



Em 2014, a predominância do uso da terra no Pontal continuou sendo a pastagem, assim como o mapa de cobertura e uso (figura 24) apresenta. A classe representava 57,4% do uso da UGRHI conforme a figura 22.

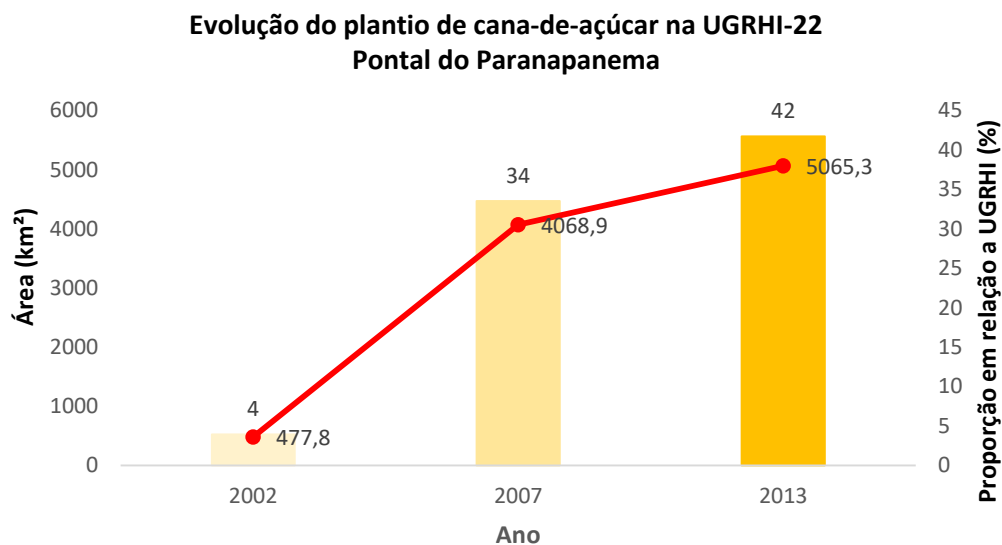
Figura 22 - Proporção das classes de cobertura e uso da terra na UGRHI-22 em 2014



Fonte: Criado (2016). Org: o autor

A classe de culturas temporárias ocupava 26,3% da UGRHI em 2014. No caso do Pontal do Paranapanema, a cultura com predominância nessa classe é a cana-de-açúcar. Rocha, Santos e Santos (2016) e Rocha (2017), discutem sobre a expansão da cultura na região do Pontal do Paranapanema, apontando que entre 2002 e 2013, houve um aumento de aproximadamente 40% da área total da UGRHI-22 ocupada pela cana-de-açúcar (figura 23).

Figura 23 - Evolução do plantio e ocupação da cana-de-açúcar na UGRHI-22

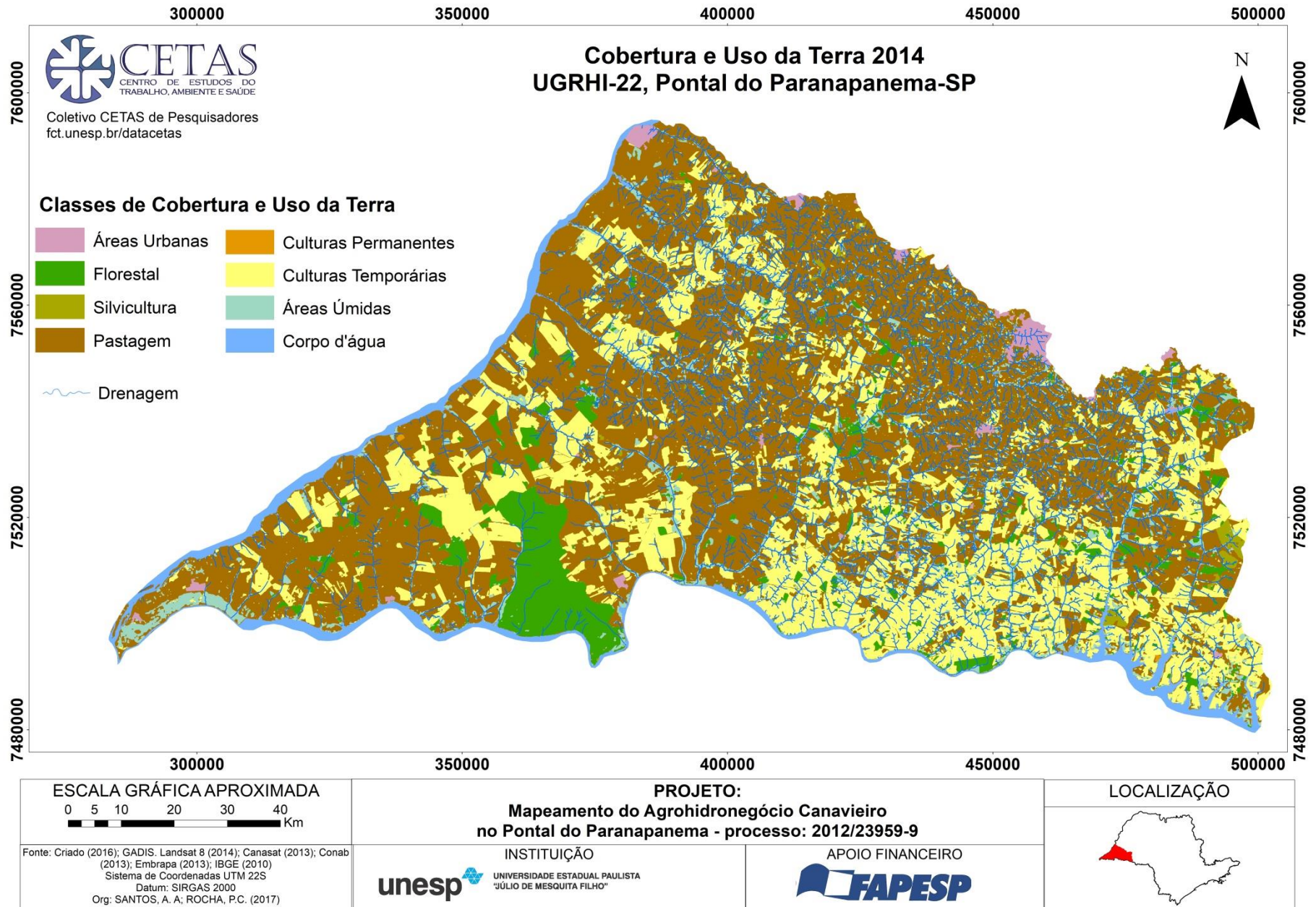


Fonte: Rocha, Santos e Santos (2016) e Rocha (2017)

Com relação à cobertura vegetal natural, a classe florestal ocupava 6,7% da área total da UGRHI, sendo estas atribuídas as Áreas de Proteção Permanente, Reservas Legais e as Unidades de Conservação.

Diferente de 1962, em 2014 verificou-se poucas áreas com culturas permanentes. Em 1962 esta classe representava 2,9% da ocupação do Pontal do Paranapanema, enquanto em 2014 apenas 0,1% da área total contém estas culturas.

Figura 24 – Mapa de cobertura e uso da terra da UGRHI-22 em 2014





#### 6.4. Complexo hidrológico solo-vegetação na UGRHI-22: CN

A partir da relação dos grupos hidrológicos de solos e a cobertura e uso da terra, foi possível realizar a análise dos valores de CN para a UGRHI do Pontal do Paranapanema, nos anos de 1962 e 2014 (figura 25). Verificou-se a predominância de valores entre 75 a 90 em 1962, conforme o quadro 10.

Quadro 10 – Valores de Curve Number em 1962 na UGRHI-22

Intervalos dos valores de CN	Área (km <sup>2</sup> )	Proporção (%)
26 – 30	996,3	8,4
30 - 45	315,3	2,7
45 - 60	3458,9	29,2
60 - 75	969,0	8,2
75 - 90	5811,5	49,1
90 - 100	281,1	2,4

Org: o autor

As áreas com valores de CN entre 75 a 90 encontram-se predominantemente na porção nordeste da bacia, bem como no sudeste e área central, abrangendo assim 49,1% da UGRHI. No caso do Pontal, em geral, estes valores estão associados à ocupação por pastagem sobre solos de classe hidrológica C.

Nas porções sudeste e sudoeste da UGRHI verificaram-se faixas com valores de CN entre 60 e 75, que totalizam 8,2% da bacia. Nestas áreas predominam a ocupação por pastagem sobre solos de classe hidrológica B. No leste da bacia observou-se uma pequena área com estes valores de CN, neste caso associado a ocupação por silvicultura sobre solos da classe A.

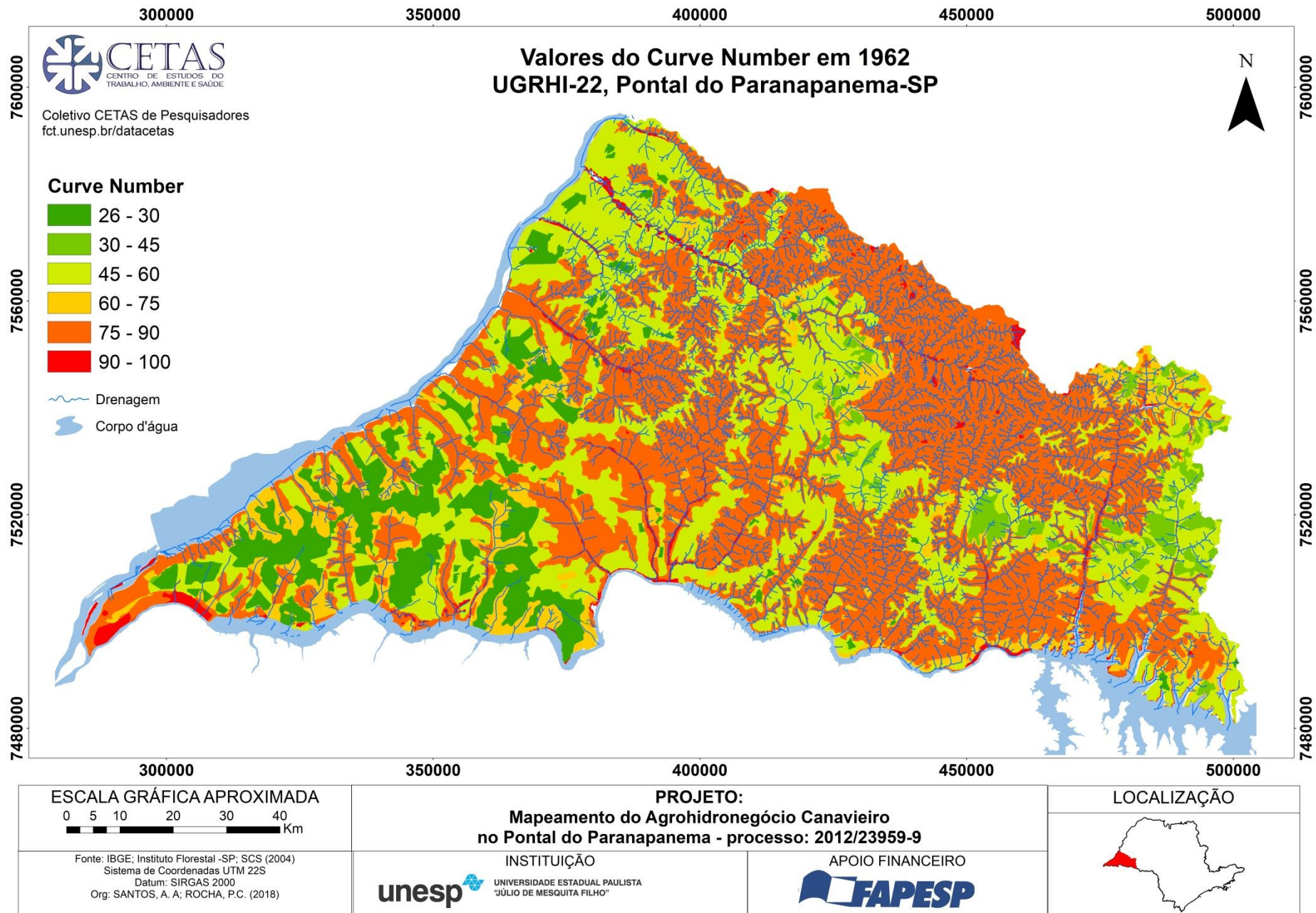
Observou-se que áreas com valores de CN entre 30 e 45 (2,7% da UGRHI) em geral estão relacionadas a áreas com solos de classe A. Nestes casos, os valores de CN variam com a cobertura e o uso da terra. Na porção leste da UGRHI os valores variam entre 45 e 60 (ocorrem em 29,2% da bacia no total), em decorrência das áreas de pastagem e cerrado. Há uma pequena área com os valores entre 60 e 75, a qual esta associada à ocupação por silvicultura.

No oeste concentram-se as áreas com CN entre 26 e 30, as quais correspondem a 8,4% da UGRHI. Neste caso, estas áreas correspondem às áreas com florestas. Também ocorrem nesta porção valores de CN entre 45 e 60, associadas à ocupação por pastagem. No norte e centro da bacia observaram-se

também valores de entre 26 e 75 que variaram em função do uso: pastagem, florestas, culturas permanentes ou temporárias.

Observaram-se algumas áreas com valores de CN entre 90 a 100, ocorrendo em 2,4% da bacia, associados a solos da classe hidrológica D.

Figura 25 – Mapa dos valores de CN para UGRHI-22 no ano de 1962



Em 2014, verificou-se a predominância de áreas com valores CN entre 75 a 90, distribuídas por toda bacia, ocorrendo homoganeamente na parte central, nordeste e sudeste da UGRHI (figura 26). Estas áreas estão associadas predominantemente com áreas de solos de classe C, ocupadas por pastagem e culturas temporárias. Assim como apresenta o quadro 12, estes valores de CN ocorrem em 55,9% da UGRHI.

Quadro 11– Valores de Curve Number em 2014 na UGRHI-22

Intervalos dos valores de CN	Área (km <sup>2</sup> )	Proporção (%)
26 – 30	241,1	2,0
30 - 45	0,0	0,0
45 - 60	3220,8	27,2
60 - 75	1689,4	14,3
75 - 90	6611,0	55,9
90 - 100	70,5	0,6

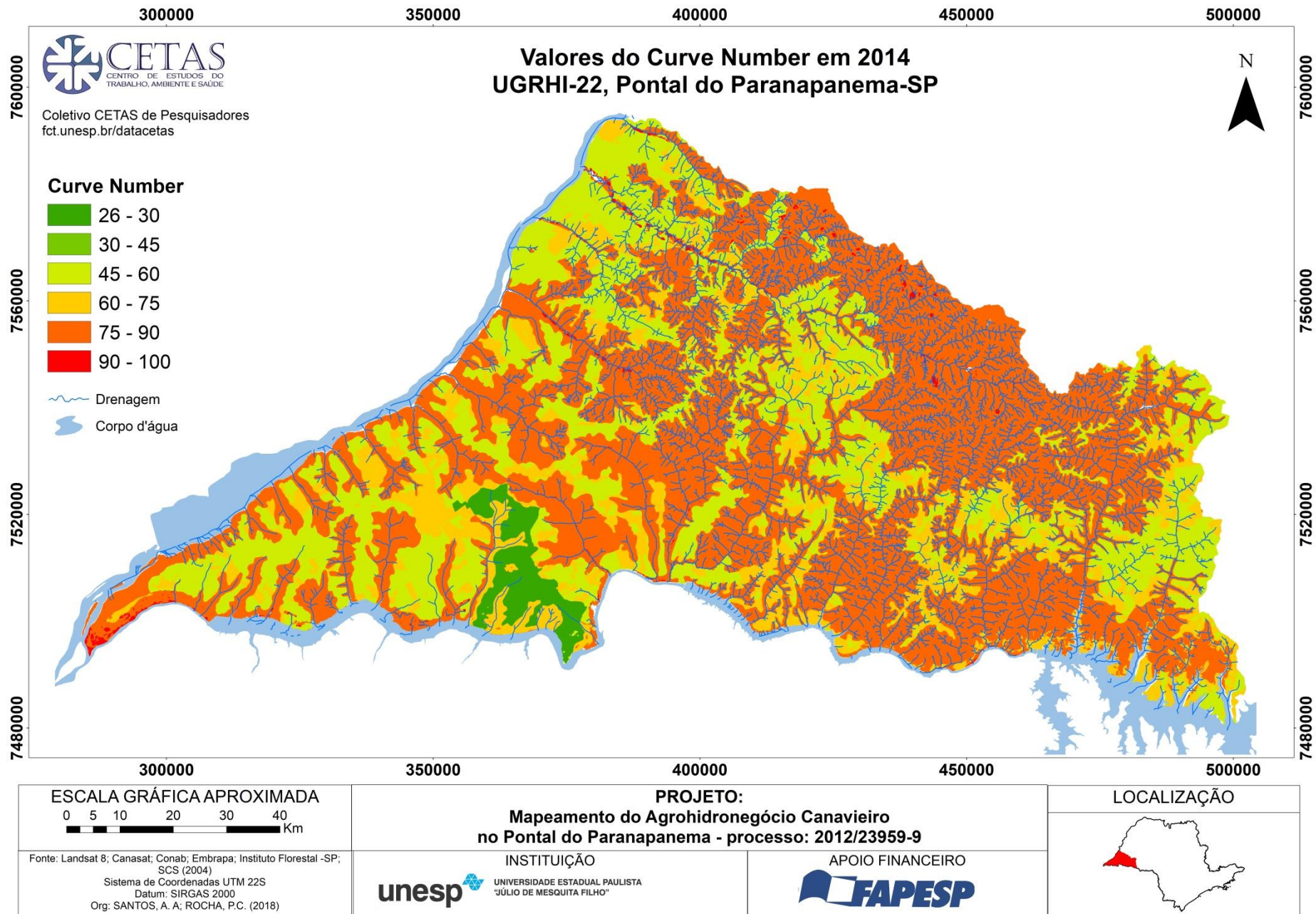
Org: o autor

Em comparação a 1962, em 2014 observou-se o decréscimo de áreas com valores de CN entre 30 a 45 na parte central e a leste da bacia, em função da mudança da ocupação das áreas de pastagem por culturas temporárias. Cabe destacar que estes valores de CN não ocorrem na bacia no ano de 2014.

Houve também diminuição das áreas com CN entre 26 e 30 no norte e oeste da bacia, em decorrência da redução da cobertura da terra por florestas. Em 2014, os valores de CN ocorrem em 2% da UGRHI.

De maneira geral, verificou-se que nos dois anos estudados predominaram no Pontal do Paranapanema valores de CN entre 75 e 90, indicando um alto grau de impermeabilidade na maior parte da bacia. Notou-se, ainda, que as mudanças na cobertura e uso da terra entre os anos alteraram quantitativa e espacialmente os graus de impermeabilidade da UGRHI.

Figura 26 – Mapa dos valores de CN para UGRHI-22 no ano de 2014



### 6.5. Capacidade de Infiltração dos solos na UGRHI-22

Analisando o mapa de capacidade de infiltração dos solos (S) de 1962 (figura 27), observou-se que predominam áreas com baixa capacidade de infiltração nas partes central, nordeste e sudeste da UGRHI, em função dos altos valores de CN.

De acordo com o quadro 12, verificou-se que as áreas com baixa capacidade de infiltração ocorrem em 89% da UGRHI.

Quadro 12 – Capacidade de Infiltração em 1962 na UGRHI-22

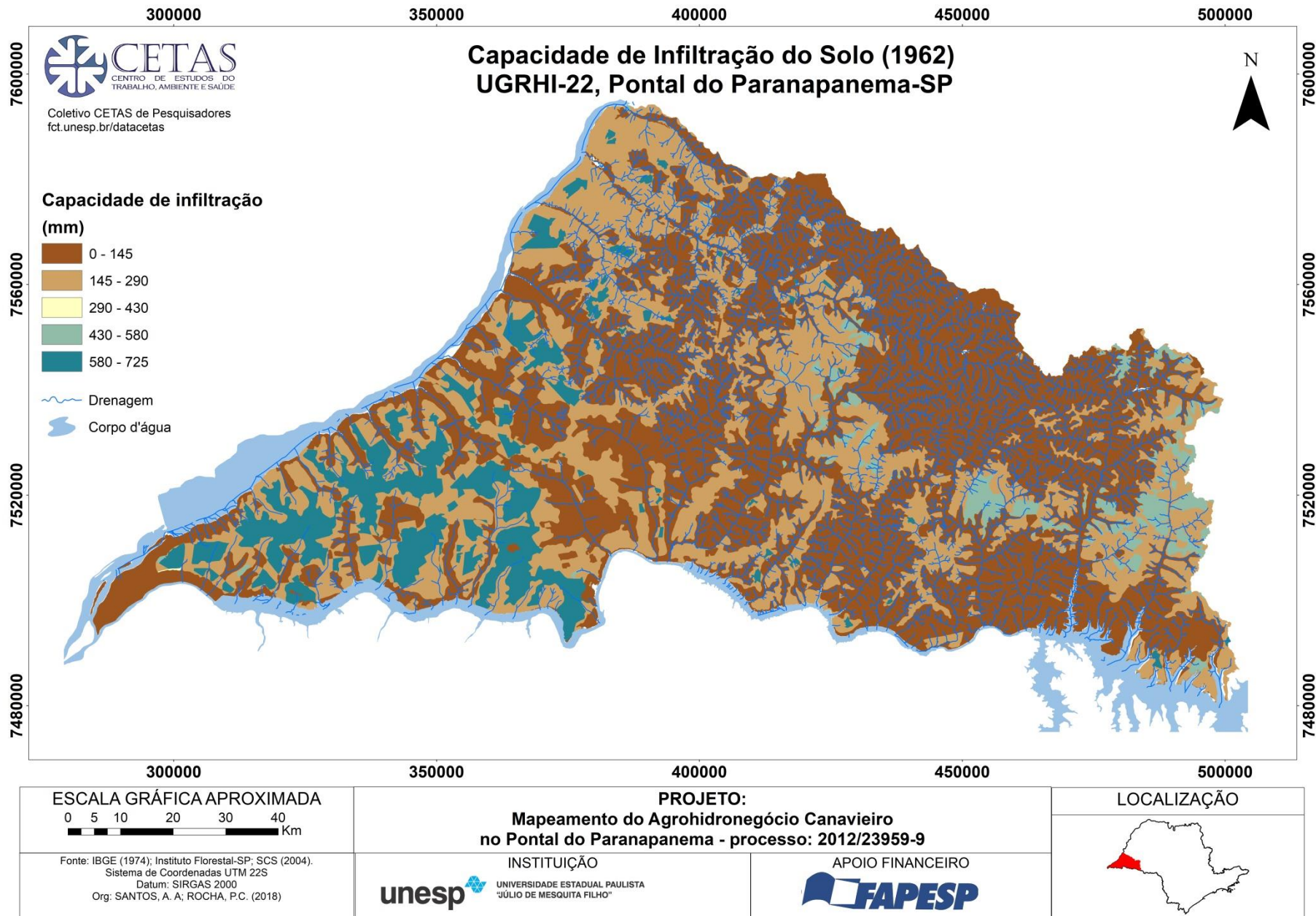
Capacidade de Infiltração (mm)		Área (km <sup>2</sup> )	Proporção (%)
0 - 145	Baixa capacidade	6580,8	55,6
145 - 290		3938,6	33,3
290 - 430	Média capacidade	1,2	0,01
430 - 580	Alta capacidade	315,3	2,7
580 - 725		996,3	8,4

Org: o autor

Nas partes leste, norte e central da UGRHI verificaram-se áreas com baixa capacidade de infiltração, com presença de manchas que variam entre média e alta capacidade de infiltração. Na porção oeste da UGRHI notou-se uma heterogeneidade no que se refere à distribuição da capacidade de infiltração. Em geral, estas porções estão divididas em áreas de baixa e alta capacidade de infiltração, em decorrência da variação dos valores de CN, que decorre das diferentes classes de uso da terra.

As áreas com média capacidade de infiltração ocorrem em 0,01% da bacia, enquanto as áreas com alta capacidade de infiltração encontram-se em 11,1%.

Figura 27 – Mapa da capacidade de infiltração dos solos da UGRHI-22 no ano de 1962



Em 2014, constatou-se a predominância de áreas com capacidade baixa de infiltração, excetuando-se pequenas manchas distribuídas pela UGRHI, que possuem média capacidade de infiltração (figura 28). Áreas com baixa capacidade de infiltração ocorrem em 94,7% da UGRHI, enquanto áreas com média capacidade ocorrem em 3,3% (quadro 13):

Quadro 13 – Capacidade de Infiltração em 2014 na UGRHI-22

Capacidade de Infiltração (mm)		Área (km <sup>2</sup> )	Proporção (%)
0 - 145	Baixa capacidade	8228,6	69,5
145 - 290		2977,3	25,2
290 - 430	Média capacidade	385,8	3,3
430 - 580	Alta capacidade	0,0	0,0
580 - 725		241,1	2,0

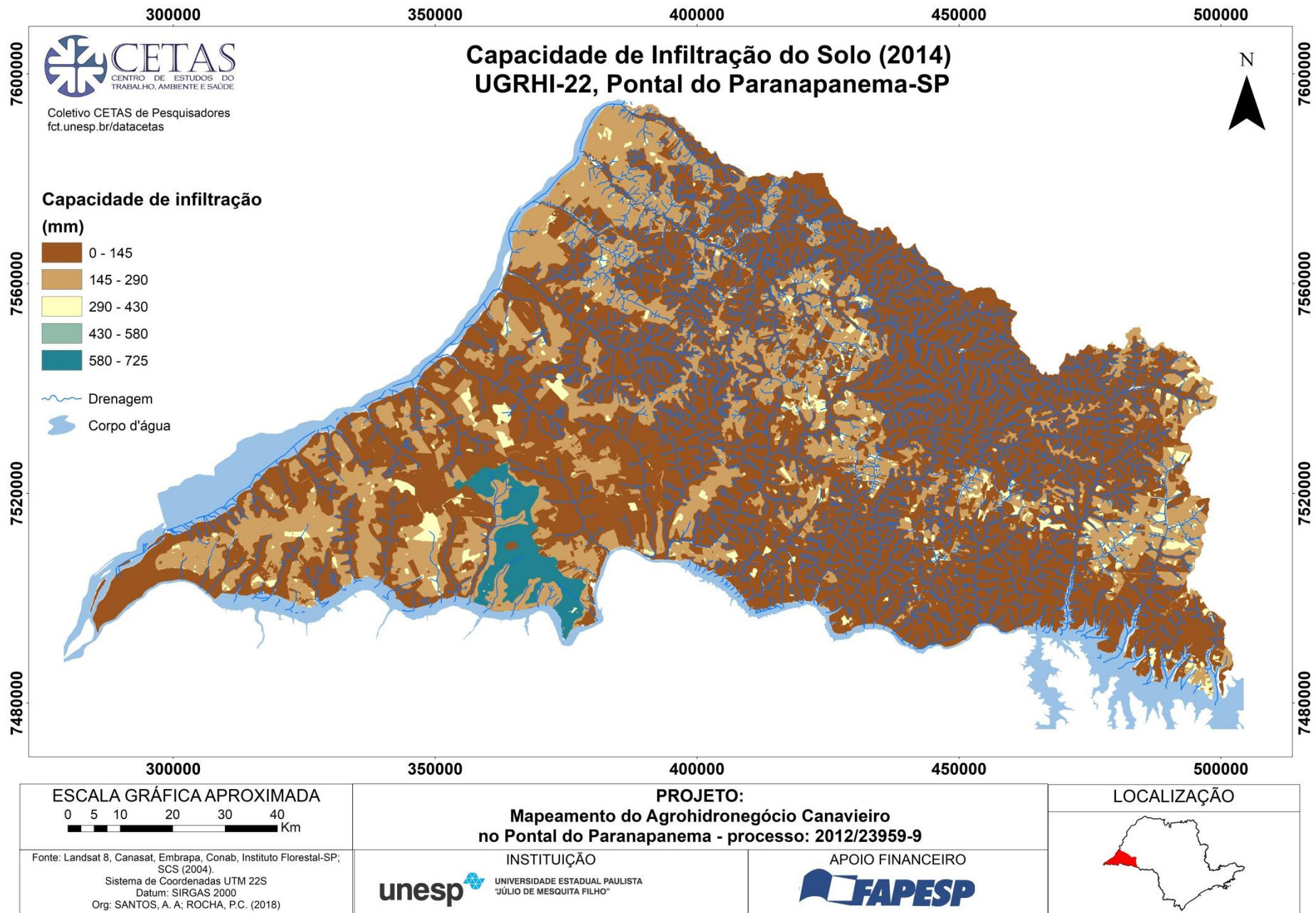
Org: o autor

As áreas com alta capacidade de infiltração compreendem porções com cobertura florestal, ocorrendo em 2% da UGRHI. Destaca-se o Parque Estadual Morro do Diabo que, assim como 1962, caracteriza-se como uma área com alta capacidade de infiltração.

Comparando os dois anos analisados, observou-se aumento de áreas com baixa capacidade de infiltração no Pontal, o que pode ser associado, novamente, as mudanças da cobertura e uso da terra.



Figura 28 - Mapa da capacidade de infiltração dos solos da UGRHI-22 no ano de 2014



## 6.6 Estimativa de Escoamento Superficial na UGRHI-22

Como síntese das informações levantadas sobre cobertura e uso da terra e os grupos hidrológicos de solo, foram gerados os mapas com a estimativa de escoamento superficial na UGRHI-22 para os anos de 1962 e 2014.

Para auxiliar na análise dos mapas de estimativa de escoamento com os totais de chuva por estação pluviométrica, foram sobrepostas as isoietas das médias anuais dos anos estudados.

No ano de 1962 (figura 29), observaram-se algumas áreas que possuem os maiores valores pluviométricos no ano, possuem também altos valores de escoamento. É o caso da parte sudeste da UGRHI, no município de Iepê, a qual apresenta isoietas entre 1650 mm a 1710 mm e com valores de escoamento entre 1594 mm a 1784 mm.

Verificou-se o mesmo em parte dos municípios de Indiana e Regente Feijó, no nordeste da UGRHI, os quais possuem totais de chuva variando entre 1500 mm a 1650 mm e valores de escoamento entre 1400 mm a 1594 mm. Os mesmos valores de escoamento ocorrem em parte do município de Presidente Bernardes, Presidente Prudente e Álvares Machado com isoietas variando entre 1500 mm a 1530 mm.

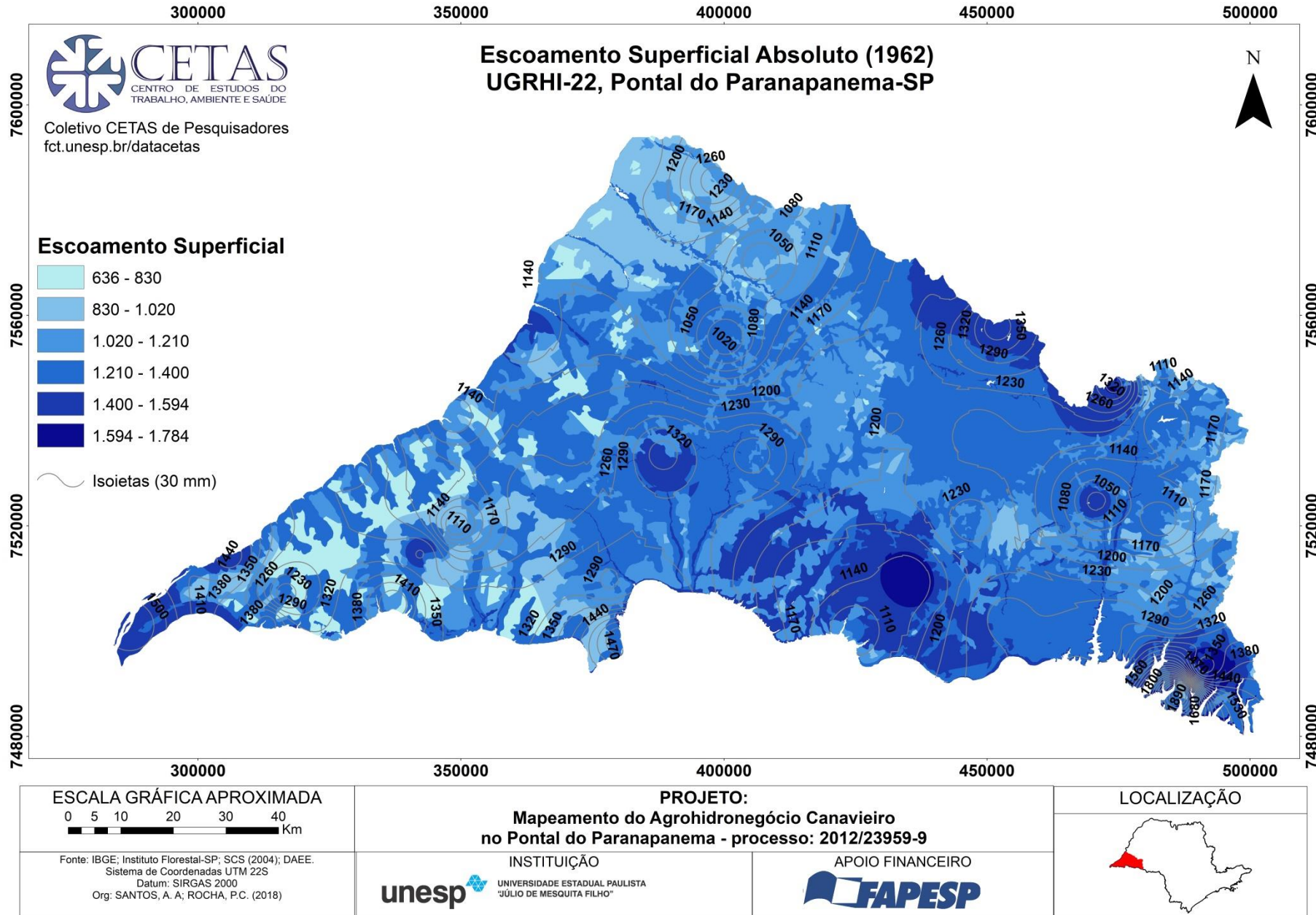
Destaca-se também o município de Estrela do Norte com chuvas de no máximo 1770 mm e valor de escoamento entre 1594 mm a 1784 mm.

Observou-se também que predomina na UGRHI valores de escoamento que variam entre 1210 mm e 1400 mm. No caso destas áreas, cabe destacar as porções nordeste e sudeste da UGRHI com isoietas de 1290 mm a 1450 mm.

No leste, oeste, porção central e no norte do Pontal observou-se a ocorrência de áreas com os menores valores de escoamento. No caso da porção a oeste, verificaram-se valores variando entre 636 mm a 830 mm com chuvas de 1380 mm a 1450 mm. No leste, chuvas de 1380 mm a 1470 com escoamento entre 830 mm a 1210 mm.

Na parte central da bacia, o escoamento varia em algumas áreas entre 1020 mm a 1210 mm com chuvas de 1380 mm a 1410 mm. Já ao norte, verificou-se escoamento de 830 mm a 1210 mm com totais de chuva entre 1230 mm a 1290 mm.

Figura 29 – Mapa da estimativa de escoamento superficial absoluto da UGRHI-22 no ano de 1962



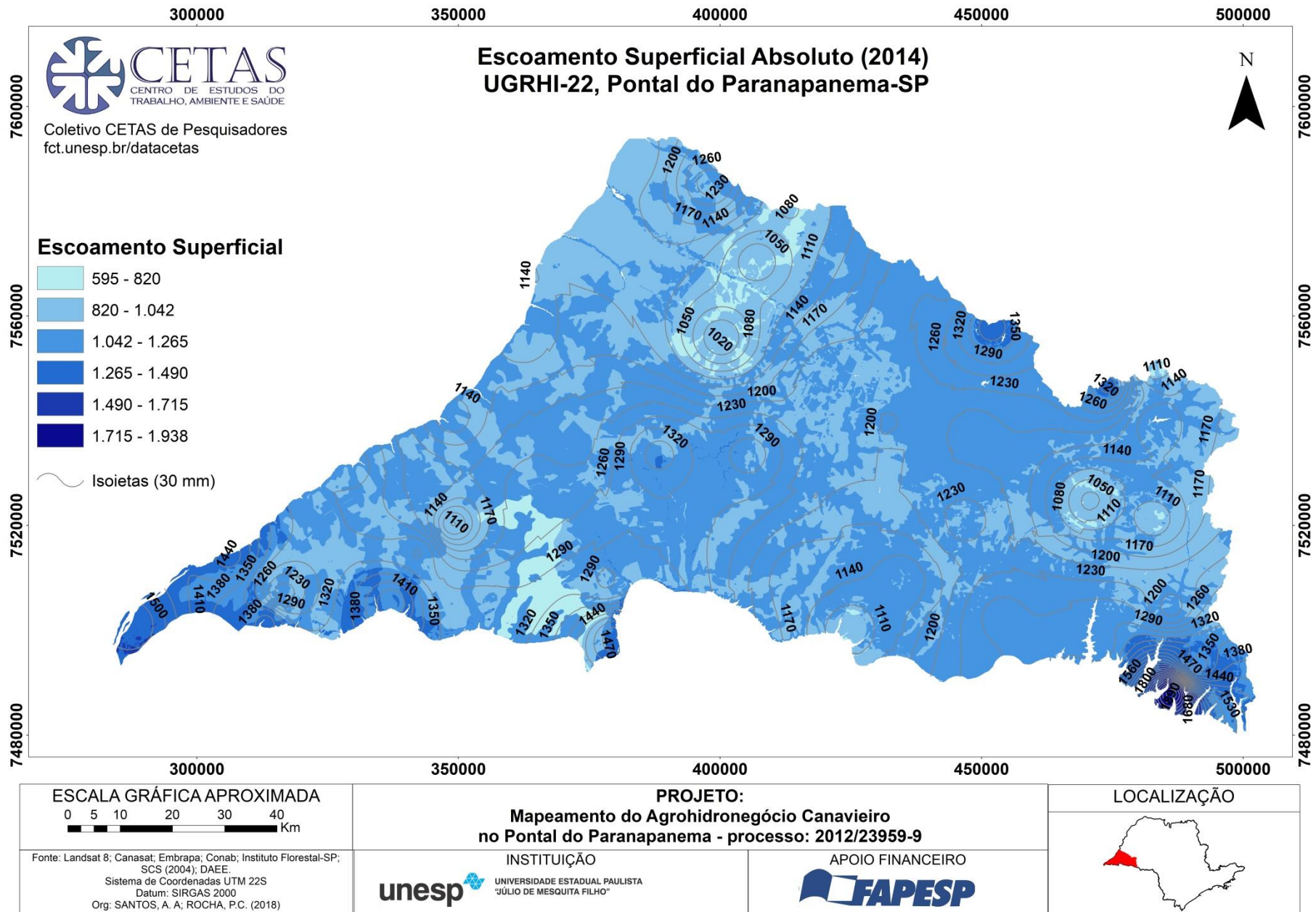
No mapa de 2014 (figura 30), observaram-se valores altos de escoamento no extremo oeste, no município de Rosana, e no sudeste da UGRHI no município de Iepê. No caso de Rosana, os valores de escoamento variaram de 1450 mm a 1715 mm, em áreas com isoietas entre 1440 mm a 1500 mm. Em Iepê, o escoamento variou entre 1715 mm a 1938 mm, com precipitações entre 1800 mm a 1890 mm.

Predominam na UGRHI valores de escoamento entre 1042 mm a 1265 mm associadas a precipitações de 1210 mm a 1260 mm na porção nordeste da bacia e 1200 mm a 1230 mm na parte a sudeste.

Nas porções norte, oeste e leste, verificaram-se áreas com um valor de escoamento variando entre 820 mm a 1042 mm. No caso da porção norte, as isoietas variaram de 1050 mm a 1170 mm. No leste, 1050 mm a 1140 mm e no oeste as chuvas variaram de 1170 mm a 1200 mm. Ao oeste do Pontal as áreas com escoamento entre 820 mm a 1042 mm ocorreram em áreas com precipitações entre 1110 mm a 1140 mm.

Áreas com baixo escoamento foram encontradas nas porções norte e sudoeste da UGRHI. Estes valores variaram de 595 mm a 820 mm. Na porção norte observou-se estes valores de escoamento em pequenas áreas associadas à isoietas de 1110 mm; no sudoeste as precipitações variaram de 1290 mm a 1440 mm.

Figura 30 – Mapa da estimativa de escoamento superficial absoluto da UGRHI-22 no ano de 2014



Analisando o mapa de escoamento de 1962, elaborado a partir da média da série histórica (figura 31), verificou-se que predominam áreas com alto escoamento na porção nordeste e sudeste da UGRHI. Nestes casos, os valores de escoamento variam entre 1208,2 mm a 1336,9 mm. Observou-se que estas áreas abrangem a classe de solo C, como os usos variando entre pastagem e culturas (permanentes ou temporárias).

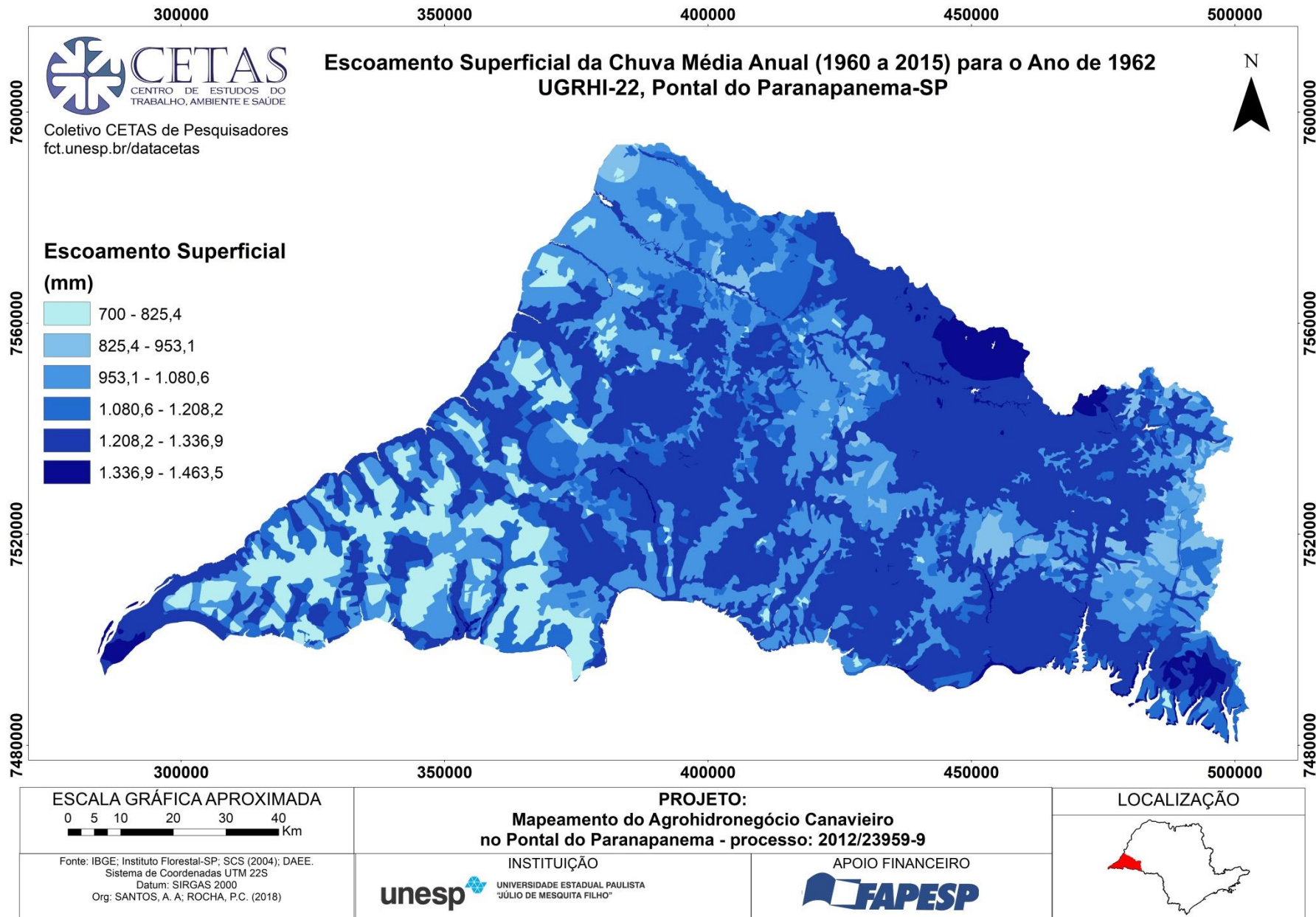
Observou-se que as áreas com menores valores de escoamento, entre 700 mm a 825,4 mm, estão associadas às áreas de vegetação natural sobre solos da classe A, o que pode ser verificado na porção oeste da UGRHI.

As áreas de cerrado sobre esta classe hidrológica de solo apresentaram valor de escoamento variando entre 825,4 mm a 953,1 mm, observados no leste da UGRHI.

Valores de escoamento entre 953,1 mm a 1080,6 mm são encontrados no norte, leste e centro do Pontal. Estes valores estão ligados aos solos do tipo A, cobertos por pastagem.

Cabe destacar também a área ao sudeste da UGRHI, onde ocorrem os solos de classe hidrológica B e apresentaram um valor de escoamento entre 1080,6 mm a 1336,9 mm por estarem ocupadas por pastagem.

Figura 31- Mapa da estimativa de escoamento superficial da chuva média anual (1960 a 2015) para o ano de 1962



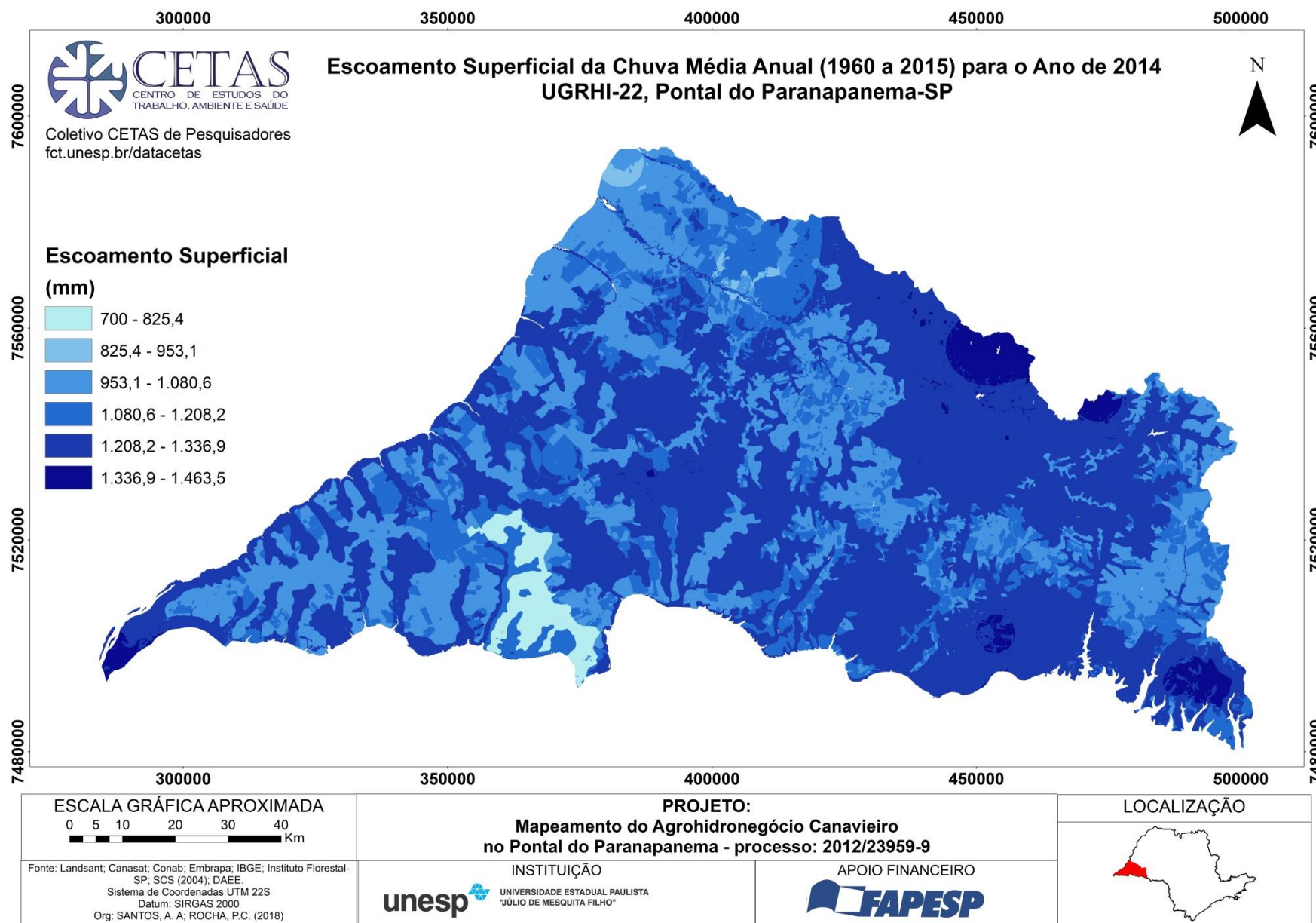
Através da análise do mapa de 2014 (figura 32), observaram-se áreas com alto valor de escoamento, entre 1208,2 mm a 1336,9 mm, ocorrendo homogeneamente na porção nordeste da UGRHI e em parte da área a sudeste. Estes valores estão associados aos solos de classe C com ocupação por pastagem e/ou culturas temporárias.

As áreas com valor de escoamento entre 953,1 mm a 1080,6 mm estão distribuídas predominantemente em locais com solos da classe A, ocupadas por pastagem, assim como a área com silvicultura na porção leste do Pontal.

Mesmo sobre solos da classe A, as áreas ocupadas por culturas temporárias apresentaram um valor elevado de escoamento se comparado às áreas de vegetação natural ou pastagem. É o caso da área à porção oeste da UGRHI, na qual os valores de escoamento de algumas áreas variaram de 953,1 mm a 1080,6 mm.

A única área com baixo escoamento encontra-se na área do Morro do Diabo. Neste caso, os valores de escoamento variaram de 700 mm a 825,4 mm.





Em relação à distribuição espacial do escoamento superficial no Pontal do Paranapanema, notou-se que estas variaram tanto sob a influência dos tipos de solo e cobertura e uso da terra, quanto da distribuição das chuvas.

Verificou-se que, de maneira geral, os tipos de solo exerceram significativa influência no escoamento. Apesar disso, a análise dos mapas de escoamento elaborados com a média da série permitiu identificar áreas da bacia que sofreram alterações no escoamento superficial em função das mudanças da cobertura e uso da terra.

É o caso das áreas com remanescentes florestais da Grande Reserva do Pontal no período de 1962, que apresentaram baixo escoamento. Em 2014 os remanescentes diminuíram drasticamente, limitando-se a Unidade de Conservação do Morro do Diabo, sendo apenas esta área da UGRHI a apresentar baixa ocorrência de escoamento no período.

Observou-se, da mesma maneira, a resposta do processo de escoamento à alteração do uso da terra de pastagem para culturas temporárias, estas que, no caso do Pontal, compreendem em sua maioria plantações de cana-de-açúcar. O escoamento aumentou nas áreas em que a cultura foi implantada, mesmo em solos com alta capacidade de infiltração. Em vista da tendência à expansão da cana-de-açúcar na UGRHI, fica evidente a necessidade de se pensar em alternativas para diminuir a intensidade destes processos em áreas tomadas por esta cultura.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir do trabalho, verificou-se a variabilidade espaço-temporal das precipitações na região do Pontal do Paranapanema. A análise da variabilidade anual de 55 anos apresentou picos de precipitação, que variaram de 1600 mm a 1800 mm, valores bem acima da média da série. Por outro lado, o ano de 1985 apresentou o mínimo de precipitação, 990,2 mm.

A variabilidade interanual das chuvas apresentou relação com fenômeno *ENOS*, evidenciado principalmente nos picos de precipitação em anos com ocorrência de *El Niño*. Quanto a variabilidade decadal, foi possível observar uma relação qualitativa entre o comportamento das chuvas e da TSM, a partir das semelhanças no padrão de variabilidade das variáveis ao longo da série. Cabe destacar, no entanto, a relação estatística estabelecida entre as variáveis diante de

pequenos períodos da série. Neste sentido, torna-se claro a relevância de considerar a influência das teleconexões na compreensão da variabilidade do clima e a importância do aprofundamento desses estudos.

Especialmente, a região do Pontal do Paranapanema apresentou, em sua maioria, áreas com médias de chuvas entre 1320 mm a 1420 mm. Destacam-se os municípios de Alvares Machado, na porção sudeste, que apresentou chuva média de 1480 mm e os municípios de Presidente Venceslau e Marabá Paulista com médias entre 1260 a 1280 mm.

Predominam solos com baixa capacidade de infiltração na região. Analisando os solos em conjunto com a cobertura e uso da terra, verificou-se que predominam valores de CN entre 75 e 90, indicando um alto grau de impermeabilidade na maior parte da bacia.

A síntese das variáveis do meio físico e cobertura e uso da terra, demonstraram que na URGHI-22 predominam áreas com alto valor de escoamento em função das características hidrológicas dos solos e o tipo de cobertura e uso.

A análise dos mapas de escoamento superficial com os dados de precipitação por estações pluviométricas permitiu o reconhecimento da dinâmica espaço-temporal do processo na bacia, através do relacionamento entre os totais de precipitação e a estimativa do quanto foi escoado. Verificaram-se as áreas do Pontal que apresentam maior escoamento, possibilitando a identificação dos locais a serem priorizados em estudos e projetos de recuperação.

Gerar o modelo para dois anos com períodos hidrológicos distintos tornou possível o conhecimento da dinâmica do escoamento em duas situações climáticas diferentes. O ano de 1962 teve totais anuais de precipitação superiores aos de 2014, o que permitiu verificar as mudanças nos valores de escoamento de um ano para o outro e a distribuição destes pela UGRHI.

A geração de modelos por períodos hidrológicos mostrou-se uma alternativa relevante na construção de cenários para auxiliar na análise e compreensão da evolução e mudanças das dinâmicas e processos ao longo do tempo. O modelo permite também a simulação de situações distintas de cobertura e uso da terra expostas às variações climáticas de um determinado período hidrológico, o que torna possível a predição de cenários e, desta maneira, a identificação de situações ideais de ocupação da terra, que resultem na diminuição dos processos de degradação ambiental.

Ainda assim, o grau de influência dos solos identificado nos resultados de escoamento, pode ser um indicativo da baixa eficiência do modelo para estudos em escala regional. O trabalho de campo e a identificação das características do solo associadas à geologia da área foi uma primeira aproximação para se pensar em alternativas que permitam o aperfeiçoamento do modelo.

Neste sentido, a melhoria do mapa de solos e a reclassificação das classes hidrológicas baseada na associação dos tipos de solo com a geologia, ou com os índices de dissecação, podem ser opções para ajustar o modelo para estudos em escala regional.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. de. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. **Bol. Inst. Geogr. e Geol.**, São Paulo, 1964. v.41,p. 169-263.

ALVES, G. J. **Aplicabilidade do Método CN-SCS a uma bacia hidrográfica representativa dos latossolos no sul se MG**. 2016. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas), Universidade Federal de Lavras, Lavras. 156 f.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 12 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 332 p.

BARRETO, M. J. **Territorialização das agroindústrias canavieiras no Pontal do Paranapanema e os desdobramentos para o trabalho**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente. 244 f.

BARRETO-NETO, A. A.; SOUZA FILHO, C. R. de. Modelagem dinâmica de escoamento superficial. In: **Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Belo Horizonte, 2003. 2427-2434 p.

BERTONI, J.C; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS) e EDUSP, 2009. v. 1. 177-231 p.

BESKOW, S. et al. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n. 1, 2009, 169-178 p.

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. 425 p.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; Guerra, A. J. T. **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 153-192.

BOIN, M. N. **Chuvvas e erosões no Oeste Paulista**: uma análise climatológica aplicada. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 264 f.

CABRERA, J. Calibración de Modelos Hidrológicos. Lima, Perú, 2011. Disponível em: < [http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas\\_interes/modhidro\\_2.pdf](http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_2.pdf)> Acesso em: 06.OUT.2018.

CÂMARA, G. MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. In ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas**: aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa, 1998. p. 3-11.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 13 ed., 2015. 474 p.

COSTA, N. M. C da; SILVA, J. X da. Geoprocessamento Aplicado à Criação de Planos de Manejo: O Caso do Parque Estadual da Pedra Branca. In: VITTE, A. C.; Guerra, A. J. T. **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 67-112.

CRIADO, R. C. Mudanças no uso e na cobertura da terra em municípios do Pontal do Paranapanema de 1984 a 2014. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente. 315 f.

CTPI – COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS. **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI – 22**. Pontal do Paranapanema: Relatório Zero. São Paulo: CPTI, 1999. Disponível em: < <http://cbhpp.org/publicacoes-2/>>. Acesso em: 06.JUN.2018.

FELICIANO, C. A. **Território em disputa: terras (re)tomadas no Pontal do Paranapanema**. 2009. 575 f. Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FERRARI LEITE, J. **A ocupação do Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Editora Hucitec, 1998. 202 p.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291 p.

GARCIA, R. M.; TROMBETA, L.R.; NUNES, R.S.; GOUVEIA, I.C.M.C.; LEAL, A.C. Mapeamento geomorfológico da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. In: **IV Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**, 2013, Presidente Prudente. IV Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, 2013.

GARDIMAN JUNIOR, B. S et al. **Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES)**. *Ambiência Guarapuava (PR)*, v.8 n.1 p. 61 – 71, Jan./Abr. 2012.

GRIEBELER, N. P. et al. Avaliação de um modelo para a estimativa da lâmina máxima de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n. 1, 2001, 411-417 p.

GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M,G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Org). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009, p. 353-374.

HUANG, M., et al., A modification to the Soil Conservation Service curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China. **Hydrological processes**, 2006. 20(3): p. 579-589.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências, número 4, 2007, p. 316.

KARMANN, I. Ciclo da Água, Água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000, pg. 114-136.

KAYANO, M. T. ANDREOLI, R. V. Variabilidade decenal e multidecena. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. 2009, p. 375 – 383.

LEAL, A.C. **Gestão das Águas no Pontal do Paranapanema - São Paulo**. Campinas, 2000. Tese (Doutorado em Geociências) – IG/UNICAMP. 299p.

MANTOVANI, J. R. A; ALCÂNTARA, E. H.; ROCHA, P. C.; CURTARELLI, M. P.; IMAI, M. N. Estimativa do Escoamento Superficial Distribuído na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe por meio de Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, p. 5681-5688, 2013.

MDA - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Célula do Pontal do Paranapanema – SP**: Acompanhamento e Informação para o desenvolvimento rural. Presidente Prudente, 2011.

MENDIONDO, E. M; TUCCI, C. E. M. Escalas hidrológicas. II: diversidade de processos na bacia vertente. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, Porto Alegre, Volume 2, n.1, 1997. p. 81-100.

MENDIONDO, E. M; TUCCI, C. E. M. Escalas hidrológicas. III: hipótese integradora de processos na bacia vertente. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, Porto Alegre, v. 2, n.1, 1997. p. 59-122

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MOCKUS, V. Hydrologic Soil Groups. In: USDA-SCS. **National Engineering Handbook**: Chapter 8, Hydrology. 2002.

MOCKUS, V. Hydrologic Soil Groups. In: USDA-SCS. **National Engineering Handbook**: Chapter 9, Hydrology. 2004.

MOCKUS, V. Hydrologic Soil Groups. In: USDA-SCS. **National Engineering Handbook**: Chapter 10, Hydrology. 2004.

MOLION, L. C. B. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. São José dos Campos – CPTEC/INPE. In: **Climanálise**, ano 3, n. 1, p 1 - 5. Ago/2005.

MOLION, L. C. B. Aquecimento Global: uma visão crítica. In: **Revista ABC Clima-UFPR**, 2008. p. 06-24.

MORAES, J.M. et al. Propriedades Físicas dos Solos na Parametrização de um Modelo Hidrológico. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), Porto Alegre, Volume 8, n.1, 2002. p. 61-70.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. **As chuvas no Paraná**: Variabilidade interanual e decadal. 2011. TCC (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

NOVO, E. M. L. de M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 219-246 p.  
NUNES, A. B. **Inventário do Patrimônio Industrial: a estação ferroviária de Presidente Epitácio**. 2009. TCC (Graduação em Turismo) – Campus Experimental de Rosana, Universidade Estadual Paulista, Rosana.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRANNSTROM, C. Fundamentos da história ambiental do Planalto Ocidental do Estado de São Paulo. In: **Anais Eletrônicos II Encontro Estadual de História ANPUH-BA**. Feira de Santana, 2004.

PASSOS, M. M dos. A paisagem do Pontal do Paranapanema: uma apreensão geofotográfica. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 26, no. 1, 2004. 177-189 p.

PEREIRA, L. M. **Modelagem hidrológica dinâmica distribuída para estimativa do escoamento superficial em uma microbacia urbana**. 2009. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 93.

PINTO, N. D. de S. et al. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 278 p.

POLETTI, G. R. **Processo de uso e ocupação do Pontal do Paranapanema-SP: perspectiva das Unidades de Conservação (UCs)**. 2010. TCC (Graduação em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente. 120 f.

PONCE, V. M; HAWKINS, R. H. Runoff Curve Number: Has it Reached Maturity? **Journal of Hydrologic Engineering**. v.1, n.1, p. 11-19, 1996.

PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, D. D. Comparação entre dois métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 25, n 2, Viçosa, p. 403-410, 2001.



RABELLO, D. **Campesinato e agrohidronegócio canavieiro no Pontal do Paranapanema: os desafios para a transição agroecológica.** 2014. TCC (Graduação em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente. 105 f.

ROCHA, P. C., SANTOS C. R., SANTOS, A. A. A expansão da atividade canvieira e interações com a rede hidrográfica na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 9, 2016, Guimarães. **Anais...** Guimarães: Universidade do Minho, 2016, p. 611 – 622.

ROCHA, P. C. Índices de apropriação do relevo e do solo em bacias hidrográficas: conceituação e estudo de caso. In: VI WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS, 6, 2017, Uberlândia. **Workshop...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, julho de 2017.

ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, v.6, p.17-29.1992.

ROSS, J. L. S. **Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Ancoras do Planejamento e Gestão Ambiental.** Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 12, 1998. p. 89-121

SANJAUME, M. S.; VILLANUEVA, R. J. B. **Teoría y Métodos em Geografía Física.** Madrid: Editorial S.A., 1999. 303 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia, MARINGÁ**, v. 15, n.1, p. 119-131, 1998.

SANTOS, I. **Monitoramento e modelagem de processos hidrogeomorfológicos: mecanismos de geração de escoamento e conectividade hidrológica.** 2009. TESE (Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, L. L. Modelos Hidráulicos-Hidrológicos: Conceitos e Aplicações. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife-PE, v. 2, n. 3, p. 01-19. set-dez, 2009.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, 2005. 05-18 p.

SARTORI, A. **Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Univerisdade Estadual de Campinas, Campinas. 189 f.

SIEFERT, C. A. C; SANTOS, I. Mecanismos de geração de escoamento e áreas hidrologicamente sensíveis: uma abordagem hidrogeomorfológica para delimitação de áreas de preservação permanente. **RAEGA (UFPR)**, v. 24, 2012. p. 227-257.

SILVA, O. V. da. **Sistemas produtivos, desenvolvimento econômico e degradação ambiental**. Revista Científica Eletrônica de Turismo (São Paulo), v. III, p. 1-7, 2006.

SILVA, J. M. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. S.; CECÍLIO, R. A. Metodologia para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em encostas e canais. Parte I: desenvolvimento e avaliação. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.695-703, set./dez. 2006.

SILVEIRA, A. L. L da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS) e EDUSP, 1993. v. 1. p 177-231.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B; FÚLFARO, V. J; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **R. Bras. Geoci.**, São Paulo, 1980. v. 10 (3). p. 177-185.

STEVAUX, J. C. LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 336 p.

THOMAZ JUNIOR, A. Trabalho e saúde no ambiente destrutivo do agrohidronegócio canavieiro no Pontal do Paranapanema (SP) – Brasil. **Revista Pegada**, Presidente Prudente, vol 15, n. 2, dez 2014. 4 – 18 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1998. 669 p.

TUNDISI, J. G. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado**. Cienc. Cult. [online]. 2003, vol.55, n.4, pp. 31-33.

VARGAS, M. C. **O gerenciamento integrado da água como problema socioambiental**. Ambiente & Sociedade, ano II, n. 5, p. 109-134, 1999.

VICTOR, M. A. M. et al. **Cem anos de devastação: revisitada 30 anos depois**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.