

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**USO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO  
PARA SUBSIDIAR TOMADAS DE DECISÃO QUANTO AO  
MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Romário Moraes Carvalho Neto**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

**USO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO  
PARA SUBSIDIAR TOMADAS DE DECISÃO QUANTO AO  
MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

**por**

**Romário Moraes Carvalho Neto**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**Orientador: Prof. Dr. Rafael Cabral Cruz**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

**FOLHA DE FICHA CATALOGRÁFICA / DADOS DE DIREITOS  
AUTORAIS**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**USO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO  
PARA SUBSIDIAR TOMADAS DE DECISÃO QUANTO AO  
MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

elaborada por  
**Romário Moraes Carvalho Neto**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil e Ambiental**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Rafael Cabral Cruz, Dr.** (UNIPAMPA-São Gabriel)  
(Presidente/Orientador)

---

**José Luiz Silvério da Silva, Dr.** (UFSM)

---

**Flávio Luiz Foletto Eltz, Dr.** (Aposentado - UFSM)

Santa Maria, 26 de agosto de 2011

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço todos os dias a Deus, porém acredito valer a pena registrar este agradecimento em forma escrita por ser de maneira especial e pouco comum.

Aos meus familiares que ajudaram de forma imensurável para que o momento mestrado chegasse e fosse completado. Preparação esta que começa desde muito cedo.

À minha amada esposa que soube ser muito paciente nas horas que precisei focar mais neste trabalho e muito companheira sempre que necessitei de apoio.

Aos meus Professores que, com maestria conduziram suas aulas durante o mestrado e prontamente sanaram minhas dúvidas com muita sabedoria e paciência.

Ao meu Orientador, que muito atenciosamente, mesmo com a distância entre Santa Maria e São Gabriel, se fez próximo, presente, atento e incentivador durante todo esse período. Existem poucos como ele.

Aos meus colegas, com quem compartilhei de momentos únicos durante o mestrado e que muito me ensinaram, não só através de palavras e trabalhos técnicos, mas também por seus exemplos como pesquisadores.

Por fim e em especial, a um grande amigo e colega de mestrado que a pouco se foi e que inúmeras vezes, enquanto eu me encontrava trabalhando em minha mesa, chegava energicamente pela porta da sala e dizia: - E aí, gremista! Como é que anda esse trabalho? Esse grande amigo que assistiu a minha defesa por completo e que sempre tinha um jeito de arrancar gargalhadas de todos nas horas de descontração e dar sábios conselhos aos “mais novos” quando era conveniente.

Muito obrigado “Seu Pedro”, Pedro V. da Cunha Farias. Que onde estiveres encontres felicidade e paz. Saudades!

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Centro de Tecnologia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **USO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA SUBSIDIAR TOMADAS DE DECISÃO QUANTO AO MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Autor: ROMÁRIO MORAES CARVALHO NETO

Orientador: RAFAEL CABRAL CRUZ

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 26 de agosto de 2011

O ser humano sempre foi e sempre será dependente da água, como toda e qualquer forma de vida do planeta terra. Considerando isso, a hidrologia torna-se fundamental para todos os planejamentos, sendo estes em meio urbano ou em meio rural. Portanto se faz necessário diversos estudos sobre os vários fatores inerentes ao ciclo hidrológico e suas posições no tempo e no espaço, visando o planejamento para as mais adversas situações. Ter conhecimento sobre as relações entre o solo com o meio é muito importante para se manejar e preservar adequadamente este recurso natural, bem como os diversos elementos a ele relacionados. Este trabalho objetiva migrar a escala de 1:750.000 do mapa de solos para a bacia Cachoeira Cinco Veados, Rio Grande do Sul, Brasil, através de observações de campo como a toposequência, a paisagem e a visualização de perfis de solos expostos em cortes de estrada na bacia, gerando um mapa dos solos da bacia, regionalizando e discriminando os diferentes solos mapeados ao nível de Ordem (1º Nível Categórico). Objetiva-se também analisar este mapa dos solos da bacia e classificá-lo de acordo com os diferentes usos da terra com o propósito de representar a capacidade de água disponível (CAD) do solo e fazer o balanço hídrico climatológico da bacia. Para tal foram analisadas as temperaturas médias do ar ao longo do ano para se estimar a evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite e analisado o regime de chuvas da bacia ao longo do ano. Utilizou-se a planilha eletrônica BHídrico V.3.2 para calcular o balanço hídrico da bacia pelo método do balanço climatológico de Thornthwaite & Mather. Todos os meses apresentaram disponibilidade hídrica para a bacia Cachoeira Cinco Veados, com exceção do mês de dezembro. Conclui-se que durante todo o ano hidrológico, a evapotranspiração potencial não supera a precipitação mínima da bacia e ocorrendo as condições hídricas necessárias ao desenvolvimento das plantas, com apenas a exceção do mês de dezembro. Devido a isso, direcionou-se uma análise mais específica do balanço hídrico climatológico deste mês. O mapa resultante do balanço hídrico climatológico para o mês de dezembro foi analisado dentro de cada um dos quatro polígonos de Thiessen criados para este fim. O uso do balanço hídrico climatológico demonstra-se eficaz no auxílio a tomadas de decisão para o manejo de bacias hidrográficas.

**Palavras-chave:** Toposequência. Disponibilidade Hídrica. Balanço Hídrico Climatológico. Capacidade de Água Disponível. Armazenamento de Água no Solo.

## **ABSTRACT**

Master's Dissertation  
Civil Engineering Graduation Program  
Technology Center  
Federal University of Santa Maria

### **USE OF THE CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE TO SUBSIDE DECISIONS REGARDING THE WATERSHED MANAGING**

Author: ROMÁRIO MORAES CARVALHO NETO

Advisor: RAFAEL CABRAL CRUZ

Date and Place of Discussion: Santa Maria, August 26<sup>th</sup>, 2011

The human being has always been and always will be dependent on water, like all forms of life on the planet earth. Considering this, hydrology becomes fundamental to all plans, either on urban or rural areas. Therefore it is necessary several studies on the various factors related to the hydrological cycle and its positions on time and space in order to plan for the various situations. Knowing the relationship between soil and environment is important to manage and preserve this natural resource and the various aspects related to it. This work aims to migrate the scale from 1:750.000 of the Soil Map to the Cachoeira Cinco Veados Watershed, Rio Grande do Sul State, Brazil, through field observations as toposquence, landscape and soil cuts exposed on the road sides of the basin, creating a soil map for the basin, regionalizing and discriminating the different soils mapped to the level of Order (first Category Level). The work also aims to analyze this basin's soil map and classify it according to the different land uses in order to represent the Soil Available Water Capacity (CAD) and calculate the climatic water balance of the watershed. To do it so, the average temperatures throughout the year were analyzed to estimate the potential evapotranspiration by the Thornthwaite method as well as the rainfall of the basin throughout the year. The spreadsheet BHídrico V.3.2 was used to calculate the basin's water balance through the climatological balance method of Thornthwaite & Mather. All the months showed to have water availability for the Cachoeira Cinco Veados watershed, with the exception of December. The conclusion is that throughout the whole hydrological year, the potential evapotranspiration does not exceed the minimum rainfall of the watershed and there are the necessary conditions for the development of plants, with the exception of December only. For this reason, a more specific analysis was directed to the climatic water balance of this month. The resulting map of the climatic water balance for the month of December was analyzed within each one of the four Thiessen polygons created for this purpose. The use of the climatological water balance is efficient on the orientation for making decisions on watershed managing.

**Keywords:** Toposequence. Water Availability. Climatological Water Balance. Available Water Capacity. Soil Water Storage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo Hidrológico.....	17
Figura 2 - Escoamento subsuperficial em bacias florestadas de regiões montanhosas em período seco.....	19
Figura 3 - Escoamento subsuperficial em bacias florestadas de regiões montanhosas em período chuvoso.....	20
Figura 4 – Efeito da mudança textural abrupta e do horizonte A de pouca espessura na drenagem do solo e na conseqüente morte da cultura do fumo.....	22
Figura 5 - Estruturas do Solo: laminar, granular, blocos, colunar e prismática, respectivamente.....	23
Figura 6 – Estrutura laminar presente em neossolo da bacia Cachoeira Cinco Veados.....	23
Figura 7 – Comparação da estrutura original do solo sob mata nativa (a) com a estrutura modificada pelo uso e manejo inadequado do solo (b).....	24
Figura 8 - Variações de cor existentes em uma toposequência.....	25
Figura 9 – Água no solo.....	26
Figura 10 – Fluxograma de formação de nascentes.....	27
Figura 11 – Área de contribuição dinâmica.....	28
Figura 12 - Comprimento das ravinas e locação da coroa de proteção de nascentes.....	30
Figura 13 – Fluxograma.....	38
Figura 14 - Região hidrográfica do rio Ibicuí.....	39
Figura 15 - Mapa de Solos da bacia Cachoeira Cinco Veados conforme BRASIL(1973) <i>apud</i> Streck <i>et al.</i> (2008) não ajustado.....	41
Figura 16 - Mapa dos pontos levantados.....	42
Figura 17 – Latossolo desenvolvido em rocha vulcânica.....	43
Figura 18 – Argissolo desenvolvido em rocha vulcânica.....	43
Figura 19 – Neossolo desenvolvido em rocha vulcânica.....	44
Figura 20- Perfis e paisagem de Neossolo Litólico Eutrófico Fragmentário (a) e Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico (b) (Unidade Charrua).....	45
Figura 21- Perfil e paisagem de Neossolo Regolítico Distro-úmbrico Léptico (Unidade Guassupi).....	45
Figura 22 – Modelo Numérico do Terreno.....	46
Figura 23 – Mapa de Declividades da bacia.....	47



Figura 24 – Mapa da Unidade de Mapeamento Charrua.....	47
Figura 25 – Mapa de Uso do Solo.....	48
Figura 26 – Valores de CAD conforme a profundidade das raízes e textura do solo.....	49
Figura 27 – Valores de CAD para as diferentes classes de solo sob floresta.....	50
Figura 28 – Estações Pluviométricas.....	51
Figura 29 – Regionalização da temperatura do ar.....	54
Figura 30 – Polígonos de Thiessen.....	56
Figura 31 – Mapa Final de Solos da bacia Cachoeira Cinco Veados.....	57
Figura 32 - Mapa da Capacidade de Água Disponível da bacia Cachoeira Cinco Veados para o período de verão.....	59
Figura 33 - Mapa da Capacidade de Água Disponível da bacia Cachoeira Cinco Veados para o período de inverno.....	59
Figura 34 – Comparação visual de chuva entre os meses do ano.....	60
Figura 35 – Comparação visual de temperatura entre os meses do ano.....	62
Figura 36 – Estimativa de evapotranspiração potencial.....	63
Figura 37 - Valores resultantes do balanço hídrico climatológico da bacia Cachoeira Cinco Veados.....	64
Figura 38 – Gráfico do balanço hídrico climatológico da bacia Cachoeira Cinco Veados para uma CAD de 20 mm.....	65
Figura 39 - Balanço hídrico para dezembro e CAD 20 mm (Tupanciretã).....	66
Figura 40 – Balanço hídrico no mês de dezembro.....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Unidades de mapeamento da bacia Cachoeira Cinco Veados.....	41
Tabela 2 – Intervalos altimétricos dos solos da bacia Cachoeira Cinco Veados.....	44

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Compilação dos fatores do solo ou do terreno.....	46
Quadro 2 – Estações Pluviométricas.....	52
Quadro 3 – Valores mensais de chuva por estação.....	53
Quadro 4 - Normais Climatológicas (1961 – 1990). ....	54
Quadro 5 – Valores de CAD usados na bacia Cachoeira Cinco Veados.....	58
Quadro 6 - Valores de chuva.....	61
Quadro 7 – Valores de temperatura.....	62
Quadro 8 - Estações que originaram os polígonos de Thiessen e seus valores de chuva.....	65

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 – Objetivos.....	15
<b>2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1 – Ciclo Hidrológico.....	17
2.2 – A Floresta e a Água.....	18
2.3 – O Solo e a Água.....	21
2.4 – Ações Antrópicas.....	26
2.5 – Manejo de Bacias de Cabeceira e Conservação de Nascentes.....	27
2.5.1 – Área de Contribuição Dinâmica.....	28
2.5.2 – Vegetação e Área de Contribuição Dinâmica.....	28
2.5.3 - Coroa de Proteção de Nascentes.....	29
2.6 – Capacidade de Água Disponível (CAD).....	30
2.7 – Precipitação Pluviométrica.....	31
2.8 – Espacialização da Chuva.....	32
2.9 – Temperatura e Evapotranspiração.....	33
2.10 – Balanço Hídrico.....	34
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	38
3.1 – Fluxograma da Abordagem Metodológica.....	38
3.2 – Área de Estudo.....	39
3.3 – Mapa dos Tipos de Solo da Bacia.....	40
3.4 – Mapas das Capacidades de Água Disponível.....	48
3.5 – Mapas de Chuva.....	51
3.6 – Temperatura e Evapotranspiração Potencial.....	53
3.7 – Balanço Hídrico.....	55
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	57
4.1 – Resultados.....	57
4.1.1 – Mapa de Solos.....	57
4.1.2 – Mapas das Capacidades de Água Disponível.....	58
4.1.3 – Mapas de Chuva.....	60
4.1.4 – Temperatura e Evapotranspiração Potencial.....	61
4.1.5 – Balanço Hídrico.....	64

<b>4.2 – Discussão</b> .....	67
4.2.1 – Mapa de Solos.....	67
4.2.2 – Mapas das Capacidades de Água Disponível.....	68
4.2.3 – Mapas de Chuva.....	68
4.2.4 – Temperatura e Evapotranspiração Potencial.....	68
4.2.5 – Balanço Hídrico.....	69
<b>5 – CONCLUSÕES</b> .....	72
<b>6 – RECOMENDAÇÕES</b> .....	75
<b>7 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	77
<b>ANEXO</b> .....	81

## 1 - INTRODUÇÃO

No meio em que estamos todos inseridos, chamado muitas vezes de forma redundante de meio ambiente, cada elemento possui sua importância e ordem, principalmente nas relações entre as superfícies receptoras e a água no ciclo hidrológico. Cada local e uso do solo apresenta comportamento diferenciado quando relacionado à chuva.

A floresta, de forma geral, possui um papel fundamental na manutenção dos corpos hídricos, pois promove a interceptação da água da chuva, diminuindo o escoamento superficial e a probabilidade de enchentes, proporcionando uma maior infiltração desta água no terreno e assim alimentando mais lentamente os mananciais, o que contribui para uma constância na vazão nas nascentes e rios. Embora estas sejam características gerais da floresta, elas são potencializadas quando se encontram nos topos do relevo de uma bacia hidrográfica e/ou nas encostas das mesmas.

Já em campos, áreas agrícolas e ambientes urbanos, o comportamento hidrológico se dá de forma diferente do que dentro de uma floresta. Áreas urbanas estão cada vez mais impermeabilizadas, ao passo que áreas rurais com agricultura, conforme o manejo do solo, podem também apresentar certa dificuldade em infiltrar a água da chuva.

Ter conhecimento sobre as relações entre o solo com o meio é muito importante para se manejar e preservar adequadamente este recurso natural, bem como os diversos elementos a ele relacionados.

Streck *et al.* (2008) explicam que o conhecimento do solo é importante para muitas áreas de atividade e que a carência de informações em mapas detalhados dos solos do Rio Grande do Sul requer noções e habilidades por parte dos técnicos envolvidos no desenvolvimento agrícola e na preservação ambiental para que estes identifiquem os tipos de solos e suas limitações de uso, objetivando assim a viabilidade econômica, a sustentabilidade ambiental e o uso racional do solo.

Com o aumento populacional em conjunto à expansão agrícola, pecuária e urbana, características ambientais primordiais foram mudadas e áreas primárias de floresta e campo (bioma Pampa) foram reocupadas (desmatamento) e passaram a ter outras finalidades que não as estabelecidas naturalmente, conformando assim

um cenário de desorganização ambiental e comprometimento dos recursos hídricos, tanto quantitativamente, como qualitativamente.

Para tal, se vê a necessidade de instrumentos de Gestão Ambiental no auxílio de tomada de decisão sobre como e onde os benefícios da floresta seriam os melhores, bem como os demais usos do solo. Se faz também importante as implementações destes instrumentos e a adequação dos mesmos às diferentes realidades, locais e climas.

Além do mais, o homem sempre foi e sempre será dependente da água, como toda e qualquer forma de vida do planeta Terra. Considerando isso, a hidrologia se torna fundamental para todos os planejamentos, sendo estes em meio urbano ou em meio rural. Portanto, se fazem necessários diversos estudos sobre os vários fatores inerentes ao ciclo hidrológico e suas posições no tempo e no espaço, visando o planejamento para as mais adversas situações.

## **1.1 – Objetivos**

### **a) - Objetivo Geral:**

Este trabalho objetiva analisar o balanço hídrico climatológico da bacia Cachoeira Cinco Veados ao longo do ano, regionalizando possíveis áreas de déficit hídrico a fim de verificar a utilização desta ferramenta como subsídio à tomada de decisão sobre o manejo de bacias hidrográficas, tendo como estudo de caso esta bacia de cabeceira, no rio Toropi, RS.

### **b) - Objetivos Específicos:**

- Identificar e regionalizar o solo da bacia quanto a alguns fatores e seu relacionamento com parâmetros hidrológicos (textura, estrutura, profundidade e drenagem), a fim de reduzir incertezas;

- Avaliar o balanço hídrico climatológico da bacia, analisando possíveis áreas com déficit hídrico ao longo do ano. Para se alcançar este objetivo específico, as seguintes metas foram traçadas:
  - ✓ Identificar e regionalizar a capacidade de água disponível (CAD) do solo sob os diversos usos da terra;
  - ✓ Estimar as temperaturas médias mensais do ar ao longo do ano;
  - ✓ Estimar evapotranspiração potencial da bacia;
  - ✓ Regionalizar e avaliar o regime de chuvas na bacia.



## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – Ciclo Hidrológico

Tucci (2009) define o ciclo hidrológico como o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, fundamentalmente impulsionado pela energia solar em associação à gravidade e à rotação terrestre.

Segundo Heath (1983), o termo ciclo hidrológico refere-se ao constante movimento da água sobre, na e sob a superfície terrestre. O autor explica que este ciclo não possui começo nem fim definidos, porém acha ser conveniente discutir as principais feições do ciclo começando pela evaporação a partir dos vegetais, das superfícies líquidas expostas, incluindo a superfície terrestre e a do oceano. Esta umidade forma nuvens que por sua vez retornam a água à superfície da terra ou oceanos, em forma de precipitação, como exemplificado na Figura 1.

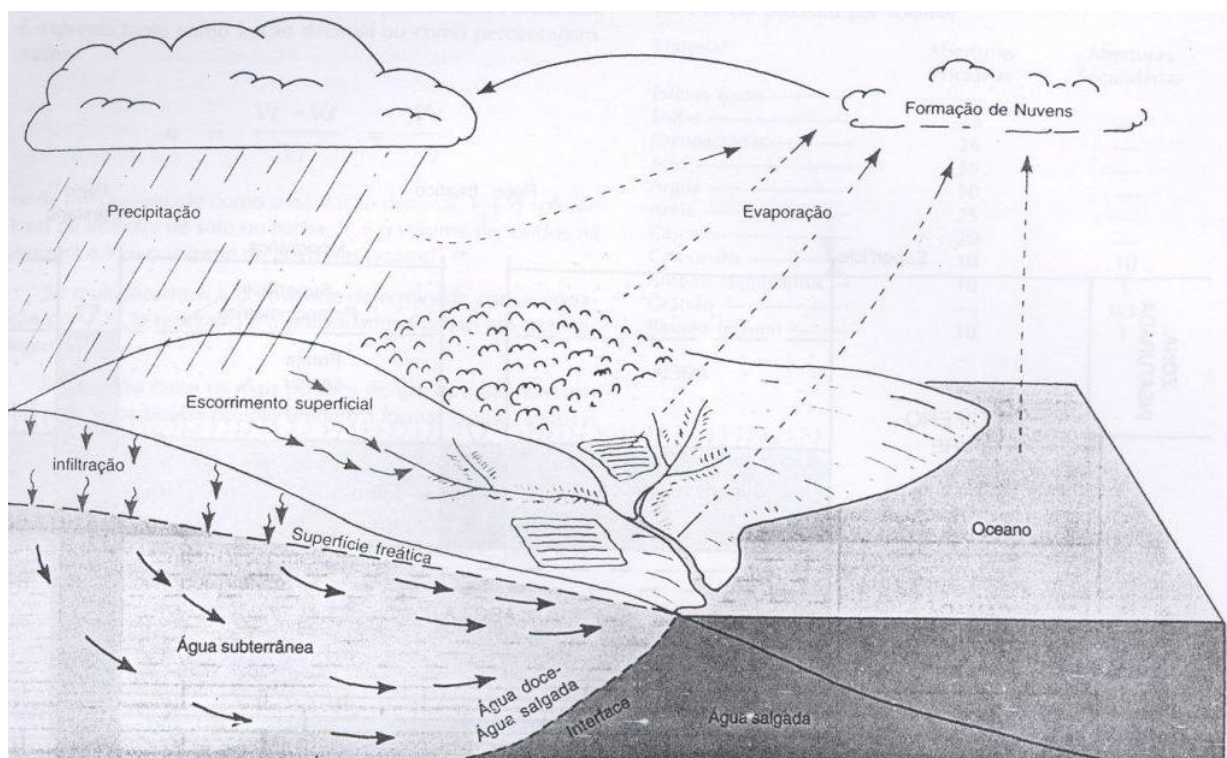


Figura 1 – Ciclo Hidrológico. Fonte: Heath (1983).

Pinto *et al.* (1976) definem outro ponto de partida para este ciclo fechado, considerando que toda a água utilizável pelo homem provém da atmosfera e pode estar na forma de vapor, de partículas líquidas ou como gelo ou neve. Porém estes autores também ressaltam a constância ciclo-cinética da água no globo terrestre.

Considerado apenas a chuva (precipitação líquida), quando as primeiras gotas molham a vegetação e outras superfícies, estas começam a infiltrar na terra. Esta infiltração tem diferente comportamento de acordo com o uso da terra, do tipo de solo, da umidade já presente neste solo e da intensidade e duração do evento de chuva. Se a velocidade de precipitação exceder a velocidade de infiltração, ocorre o escoamento superficial (HEATH, 1983).

Esta primeira infiltração repõe a umidade do solo e depois, o excesso percola lentamente através da zona intermediária à zona de saturação. A água então move-se para baixo e lateralmente em sentido aos locais de descarga de água subterrânea, como fontes nas encostas ou como surgência sob rios, lagos e oceanos. A água que atinge as correntes, tanto por escoamento superficial como descarga de água subterrânea, move-se ao mar, sendo novamente evaporada e perpetuando o ciclo (HEATH, 1983).

## **2.2 – A Floresta e a Água**

A floresta exerce efeitos sobre a água das chuvas pela interceptação através das copas das árvores dominantes, do sub-bosque e também da manta ou serrapilheira existente na superfície, a qual retém grande volume de água, liberando-a lentamente para os riachos, rios e lagos, permitindo um abastecimento regular dos mesmos (AFUBRA, s.d.).

A água que passa pela floresta sofre um melhoramento na sua qualidade, uma vez que essa funciona como uma espécie de filtro, retendo as impurezas e partículas sólidas através de suas folhas, da manta e mesmo do solo junto ao sistema radicular, além do mais, a água, que tem origem ou que passa por uma floresta, carrega menores quantidades de partículas químicas sólidas do que a água que corre por áreas agrícolas ou mesmo por floresta explorada através do corte raso.

A floresta, interceptando a chuva, permite que uma parte dessa precipitação seja evaporada das copas e outra parte infiltre através das raízes ou pelo escorrimento através dos troncos, enquanto a parte restante chega ao solo através dos gotejamentos das copas. Numa floresta, a forma da copa da árvore desempenha um papel fundamental quanto à distribuição da água das chuvas para o solo.

Em regiões montanhosas, cobertas de florestas, o escoamento superficial tem grande influência no aumento do deflúvio da bacia (Figuras 2 e 3). Na Figura 2, verifica-se que, nos períodos sem chuva, a água do solo percola de forma lenta e gradativa para o lençol, responsável pelo abastecimento do deflúvio da bacia.

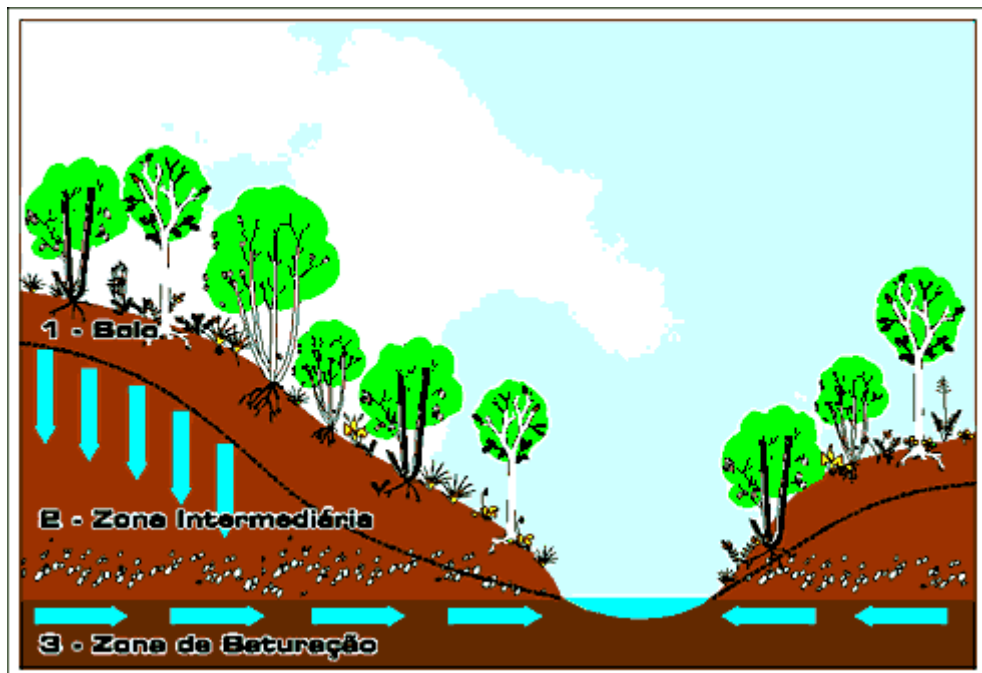


Figura 2 - Escoamento subsuperficial em bacias florestadas de regiões montanhosas em período seco. Fonte: AFUBRA (s.d.).

Já nos períodos chuvosos, Figura 3, a infiltração da água é alta e as camadas superficiais do solo tendem a sofrer uma elevada saturação. Enquanto a frente de molhamento estende-se em direção às camadas mais profundas ou de menos permeabilidade do solo, a direção do fluxo da água na camada saturada do solo

superficial é desviada ao longo da declividade do terreno, resultando no escoamento subsuperficial, que é o responsável pelo aumento do deflúvio da bacia.

Os solos sob florestas possuem boas condições de infiltração de água. Logo, as florestas podem ser consideradas como fontes importantes para o suprimento de água para os aquíferos. Em habitats diferentes onde o lençol freático se encontra bem superficial, como áreas alagadiças e encostas de rios, sangas, lagos etc., a floresta, pela sua evapotranspiração, auxilia no rebaixamento do lençol freático.

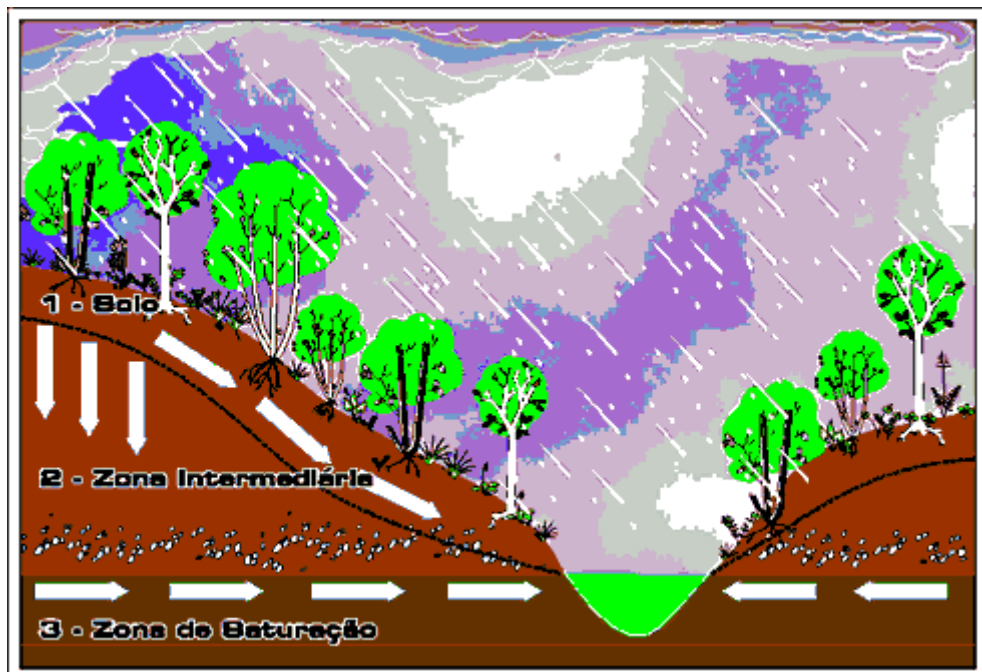


Figura 3 - Escoamento subsuperficial em bacias florestadas de regiões montanhosas em período chuvoso. Fonte: AFUBRA (s.d.).

Calheiros (2004) explica que, no processo de recuperação de uma nascente, deve-se distinguir as nascentes quanto ao seu regime de vazão, ou seja, se é permanente ou temporária, se varia ao longo do ano e, até mesmo, a interferência da vegetação no consumo de água da própria nascente, consumo esse, grandemente influenciado pela profundidade do nível da água no raio compreendido pela Área de Preservação Permanente.

Em regiões íngremes, a drenagem limita o armazenamento da água subterrânea. A presença da cobertura florestal irá proporcionar uma maior infiltração de água no solo, o que por sua vez irá resultar num maior abastecimento do lençol freático.

### **2.3 – O Solo e a Água**

Segundo Streck *et al.* (2008), o solo é um recurso natural que dá sustento a fauna e flora, agricultura, pecuária, obras de engenharia e também responde por armazenamento de água. O solo é muito importante na estabilidade ambiental e o autor adverte que, quando mal manejado, o solo poderá contribuir para a degradação do ecossistema em curto espaço de tempo por receber aporte de resíduos inapropriados. O solo possui amplas funções e dentre elas destacam-se duas: meio para o desenvolvimento de plantas devido ao suporte, nutrientes e água e regulador e filtro da água no sistema hidrológico.

Streck *et al.* (2008) descrevem várias características morfológicas dos solos e suas importâncias. Algumas delas relacionam-se intimamente com a água no solo e seu comportamento.

Em solos com textura uniforme ao longo dos horizontes, a taxa de infiltração da água é geralmente maior nos solos arenosos do que em solos argilosos. Quando a mudança textural se dá de forma abrupta numa pequena profundidade (horizonte A pouco espesso), há um favorecimento à rápida saturação com a água da chuva na camada superficial. Isso pode acarretar o escoamento superficial da água, causando erosão hídrica e uma temporária deficiência de oxigênio no solo, prejudicando o desenvolvimento das raízes e podendo até a levar a morte das plantas (Figura 4).

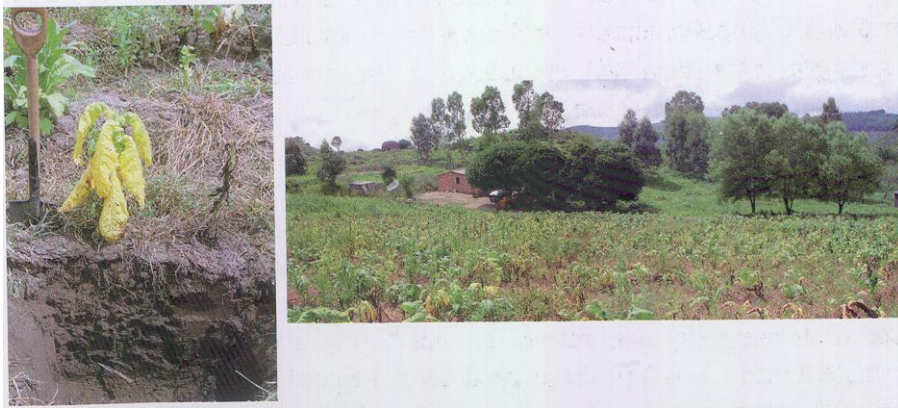


Figura 4 – Efeito da mudança textural abrupta e do horizonte A de pouca espessura na drenagem do solo e na conseqüente morte da cultura do fumo. Fonte: Streck *et al.* (2008)

A textura do solo (macro e micro) ainda afeta muitas propriedades químicas e físicas do solo como a capacidade de troca catiônica (CTC), a retenção de água, a erodibilidade do solo, a infiltração de água, a drenagem, etc.

A matéria orgânica possui grande importância no que tange à CTC e à retenção de água, principalmente, em solos mais arenosos, pois quanto maior a concentração de matéria orgânica nestes solos, maior a CTC e maior a retenção de água, diminuindo a lixiviação (perda de nutrientes e água).

Outra característica importante do solo é a sua estrutura. A Figura 5 ilustra as estruturas laminar, granular, blocos, colunar e prismática, respectivamente. A estrutura afeta propriedades importantes como aeração do solo, capacidade de armazenamento de água, infiltração e erodibilidade do solo.

Na estrutura laminar os agregados tem a dimensão horizontal maior que a vertical, mostrando feição de lâminas de espessura variável. Pode ocorrer nos horizontes C, bem como formar-se abaixo da camada arável (horizontes A e E), pela ação de implementos agrícolas ou pisoteio (camada compactada). Pode também ocorrer naturalmente como característica de um solo, ou horizonte (Figura 6).

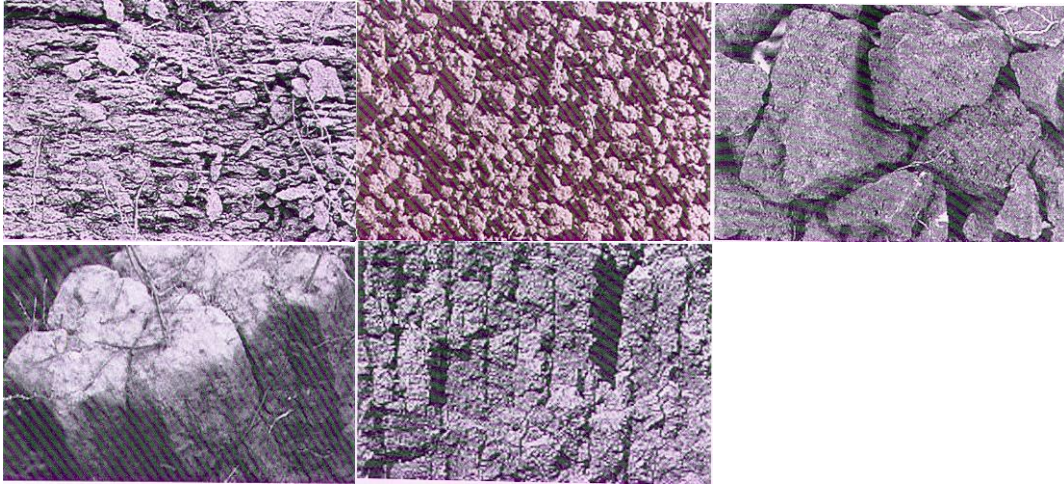


Figura 5 - Estruturas do Solo: laminar, granular, blocos, colunar e prismática, respectivamente. Fonte: Streck *et al.* (2008)



Figura 6 – Estrutura laminar presente em neossolo da bacia Cachoeira Cinco Veados. Fonte: Acervo GERHI.

Streck *et al.* (2008) explicam que a estrutura do solo pode ser modificada através do manejo. Quando inadequadamente manejado, a estrutura pode ser degradada, produzindo camadas compactadas que reduzem a movimentação da água no solo, a aeração e o desenvolvimento das raízes. A Figura 7 compara áreas adjacentes.

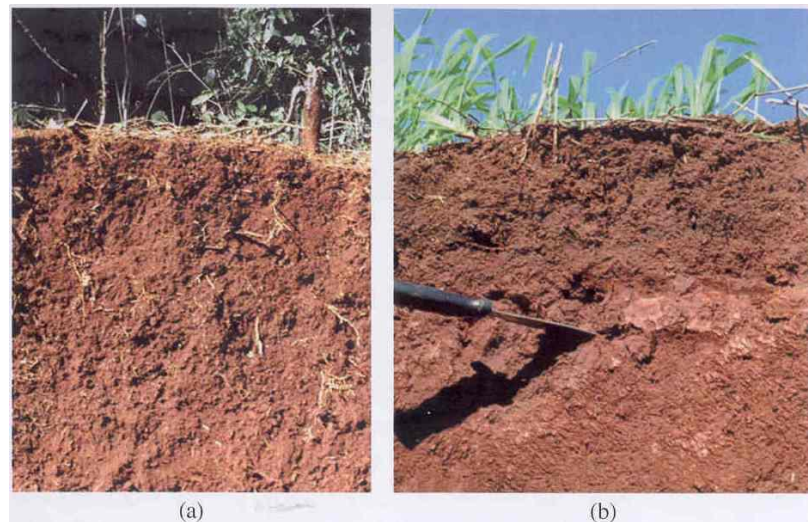


Figura 7 – Comparação da estrutura original do solo sob mata nativa (a) com a estrutura modificada pelo uso e manejo inadequado do solo (b). Fonte: Streck *et al.* (2008)

Os autores ainda exemplificam que solos com estrutura em blocos subangulares no horizonte B apresentam maior capacidade de infiltração e armazenamento de água e menor erodibilidade do que os solos com estrutura laminar produzida pela ação dos implementos agrícolas.

Segundo Streck *et al.* (2008), o solo é um recurso natural lentamente renovável e está posicionado diferentemente na paisagem. Sua origem se deu de acordo com alterações de rochas e sedimentos por ações relacionadas ao clima (chuva e temperatura) e aos organismos vivos (fauna e flora) ao longo do tempo. Esses autores explicam que as características dos solos mudam ao longo da paisagem entre solos situados nas partes mais elevadas e solos situados nas partes mais baixas, por exemplo, a cor (Figura 8).



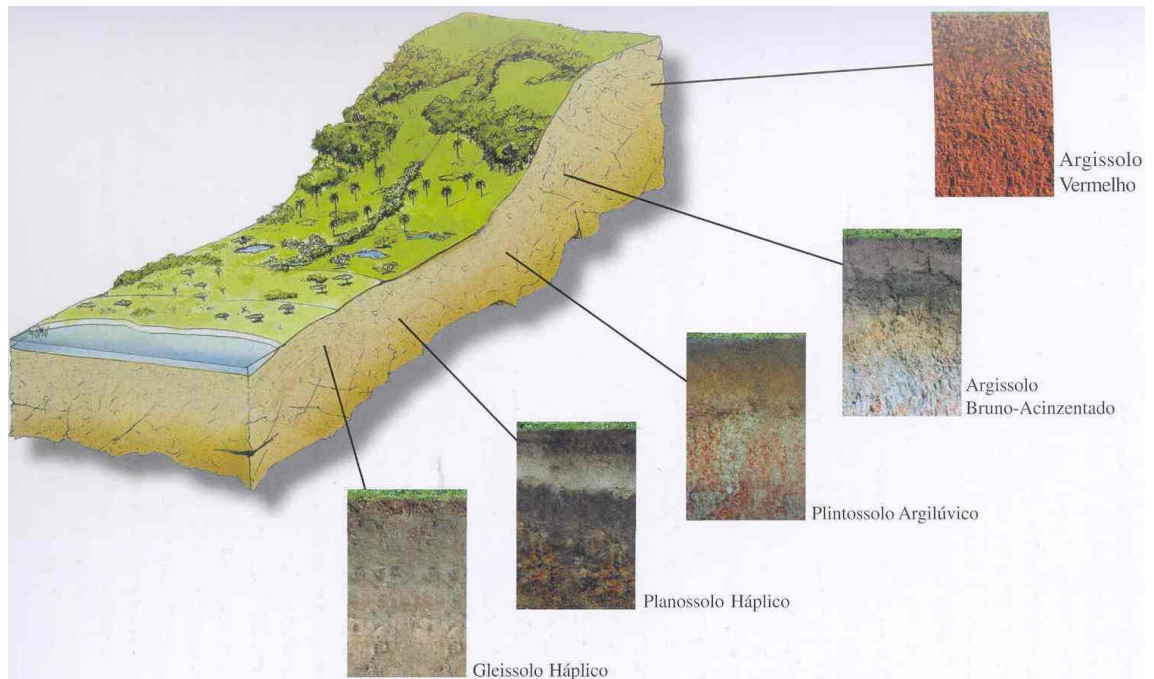


Figura 8 - Variações de cor existentes em uma toposequência. Fonte: Streck *et al.* (2008).

O conhecimento dos diferentes tipos de solo de uma bacia hidrográfica poderá nortear os usos e manejos mais adequados para a realidade da bacia. Conhecer os tipos de solo em uma bacia de cabeceira se torna ainda mais fundamental quando se quer manejá-la adequadamente.

Uma vez que a água penetra no solo, esta é referida como água subsuperficial e ocorre em duas zonas diferentes. A primeira está imediatamente sob a superfície terrestre na maioria das áreas e contém ar e água e é referida como zona insaturada. Esta zona insaturada é quase que invariavelmente sotoposta por uma zona na qual todas as aberturas interconectadas estão cheias de água. Esta é a segunda zona e é referida como zona saturada (HEATH, 1983).

A zona insaturada é de grande importância para a hidrologia da água subterrânea. A recarga da zona saturada ocorre por percolação da água da superfície através da zona insaturada (HEATH, 1983). A Figura 9 exemplifica a divisão do solo em relação ao comportamento da água subsuperficial.

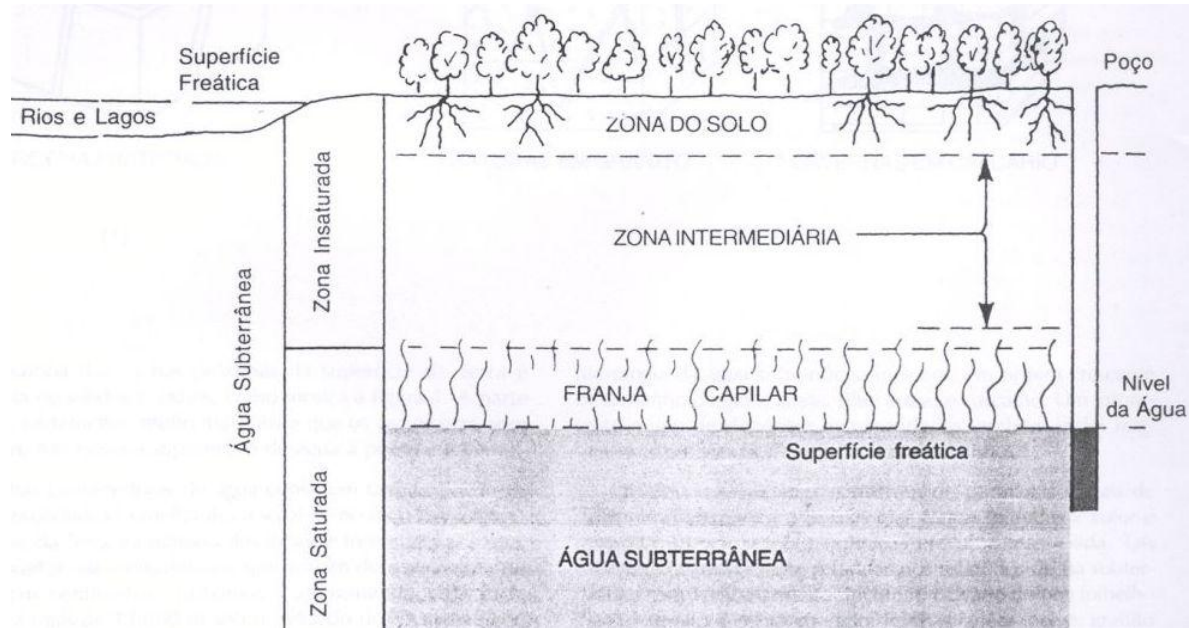


Figura 9 – Água no solo. Fonte: Heath (1983).

## 2.4 – Ações Antrópicas

A ação do homem sobre os ecossistemas, em qualquer parte do mundo, em época atual ou não, constitui-se no alicerce do desenvolvimento social e econômico das comunidades. Embora esse fato seja aceito por todos, muitas vezes os recursos naturais, devido à sua abundância, foram considerados um empecilho ao desenvolvimento econômico e por isso foram subaproveitados ou até mesmo dizimados, dando lugar a outras formas de atividades econômicas (SCHNEIDER & FINGER, 2000).

A ação humana, por meio de um longo processo de alteração ambiental, conduziu em alguns casos, ao desenvolvimento econômico e social, mas, em muito outros, trouxe junto a escassez dos recursos, o declínio e a extinção, até mesmo de sociedades. O consumo desordenado, o desperdício e a substituição das florestas por outras atividades econômicas levaram, já em épocas remotas, ao desabastecimento de madeira e à inviabilização de empreendimentos, obrigando os governantes ao confisco, à restrição e à regulamentação do corte de árvores (SCHNEIDER & FINGER, 2000).

Devido ao estado de deterioração ambiental atingido atualmente pelas ações antrópicas e um aumento de suas conseqüências (chuvas, desmoronamentos, aquecimento global, e outros), há uma maior preocupação e uma maior busca de maneiras de se minimizar tais efeitos.

## 2.5 – Manejo de Bacias de Cabeceira e Conservação de Nascentes

De acordo com Valente & Gomes (2005), a queda da vazão dos rios tem início na diminuição da quantidade de água da chuva que penetra no solo, produzindo assim lençóis fracos e nascentes de baixa ou nenhuma vazão na estiagem. Os autores ainda afirmam que para se salvarem os rios é necessário começar pelas suas nascentes, sendo, estas, produtos do manejo adequado da bacia.

Os autores ressaltam que as bacias de cabeceiras são as responsáveis pelo armazenamento da água destinada ao abastecimento das nascentes e que não atentar para estas regiões acarretará na perda da oportunidade dada pela própria natureza em manter o armazenamento subterrâneo bem abastecido, o que em alguns casos dispensaria a construção de reservatórios artificiais que alteram o ambiente e podem provocar problemas socioeconômicos, como a inundação de terras produtivas e o deslocamento de populações ribeirinhas, rompendo cadeias culturais e familiares.

Ainda segundo Valente & Gomes (2005), o manejo de bacias de cabeceira deve seguir o processo esquematizado a seguir (Figura 10).

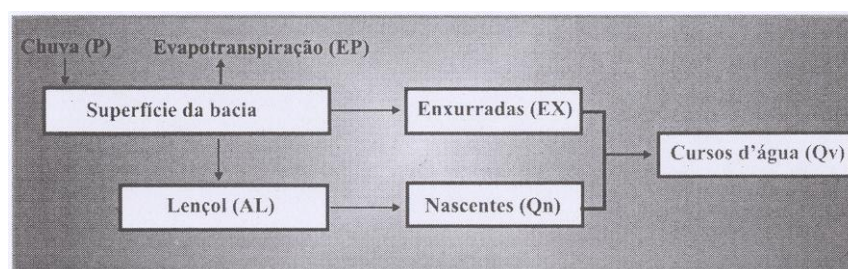


Figura 10 – Fluxograma de formação de nascentes. Fonte: Valente & Gomes (2005).

O principal interesse é ter água nos lençóis subterrâneos para o adequado abastecimento das nascentes o ano inteiro. Portanto, todo o esforço deve ser voltado para que a via principal de movimentação da água da chuva na bacia se dê através do lençol. Ressalta-se, então, a importância da infiltração da água até lençol e o enfoque dos planos de manejo destas bacias de cabeceira em promover esta infiltração, diminuindo o escoamento superficial da água.

### 2.5.1 – Área de Contribuição Dinâmica

As partes mais elevadas das encostas perdem umidade rapidamente ao longo dos perfis do solo depois de um período chuvoso. Os próprios lençóis subterrâneos produzem fluxos de água em direção às partes mais baixas das encostas, fluxos estes que são os principais responsáveis pela manutenção das faixas úmidas em torno das nascentes e cursos de água. Estas faixas úmidas são chamadas áreas de contribuição dinâmica (Figura 11).

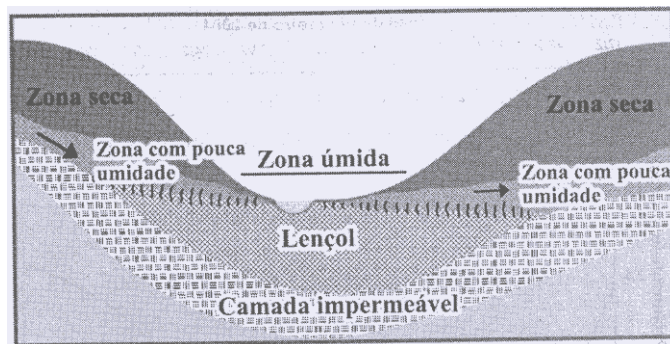


Figura 11 – Área de contribuição dinâmica. Fonte: Valente & Gomes (2005).

### 2.5.2 – Vegetação e Área de Contribuição Dinâmica.

A vegetação freatófita e a mata ciliar exploram a água diretamente da área de contribuição dinâmica devido à proximidade desta à superfície, proporcionando

assim as condições ideais para que esta vegetação exerça sua total capacidade de transpiração.

Valente & Gomes (2005) advertem que existem inúmeros benefícios ambientais da mata ciliar, porém, existem comprovadas ações desta na diminuição da vazão e que cabe ao técnico resolver este conflito para as condições específicas e de acordo com a legislação ambiental aplicável.

Planos e projetos de recuperação de matas ciliares devem levar em consideração a situação florestal das áreas à montante da área de interesse, para que se atinjam os máximos benefícios hidrológicos e ambientais da vegetação.

Deve-se primeiro recuperar ou, pelo menos, aumentar a capacidade de infiltração das encostas, garantindo assim o abastecimento dos lençóis responsáveis pelas nascentes e, portanto, as suas permanências ao longo do ano. Isso permitirá que a vegetação ciliar continue consumindo água, a qual será compensada pela maior infiltração por toda a superfície da bacia.

### **2.5.3 - Coroa de Proteção de Nascentes**

Segundo Rocha *et al.* (2009), a coroa de proteção de nascentes é definida como a área que está entre o divisor de águas e a base das ravinas, como vê-se na Figura 12.

Os autores afirmam que os florestamentos implantados nestes locais (preferencialmente por árvores nativas) cumprirão a missão de infiltrar as águas de chuvas para o lençol freático (primeira importância ambiental das árvores) e é exatamente nesta região que se consegue iniciar os processos de contenção de erosões.

Rocha *et al.* (2009) também advertem quanto à invasão das lavouras nas coroas de proteção de nascentes, pois estas têm causado a destruição da fauna silvestre e mata nativa, bem como o assoreamento dos rios, diminuindo a sua navegabilidade e o seu potencial hidrelétrico e, até mesmo, o fim de muitas nascentes que secaram nos últimos anos.

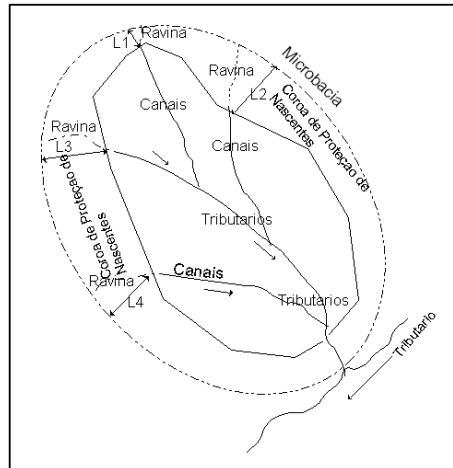


Figura 12 - Comprimento das ravinas e localização da coroa de proteção de nascentes. Fonte: Rocha *et al.* (2009)

## 2.6 – Capacidade de Água Disponível (CAD)

Segundo Bergamaschi *et al.* (1992) *apud* Rossato (2001) e SEMA (2010), a capacidade de armazenamento de água no solo, máxima água disponível às plantas ou capacidade de água disponível (CAD), representa o limite de água entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP). A partir desses limites, pode-se determinar a capacidade de armazenamento de água disponível no solo, considerando a profundidade do sistema radicular.

A umidade do solo na capacidade de campo representa uma quantidade de água que pode ser mantida contra a força da gravidade, sem haver drenagem. Desse limite até o ponto de murchamento, a água só pode ser removida por ação direta da evaporação ou evapotranspiração das plantas. Portanto, o armazenamento máximo admitido é aquele volume que se situa entre esses dois limites, dentro de uma profundidade efetiva do solo (ROSSATO, 2001).

O solo é armazenador e fornecedor de água e nutrientes às plantas. Por fenômenos de adsorção e capilaridade, entre uma chuva e outra, ele retém a umidade que as plantas necessitam. À medida que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorverem água devido ao aumento da força de retenção, enquanto que diminui a disponibilidade hídrica no solo. Devido a isso, nem toda água que o solo consegue armazenar está disponível às plantas (SEMA, 2010). Portanto, a

capacidade de armazenamento de água no solo é função da textura do solo e da profundidade das raízes das espécies vegetais que o cobre (ROSSATO, 2001).

Segundo Pereira *et al.* (1997) *apud* Rossato (2001), o balanço hídrico climatológico é uma das diversas maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Através da contabilização do suprimento natural de água no solo, simbolizado pelas chuvas (PRE), e da demanda atmosférica, simbolizada pela evapotranspiração potencial (ETP), e com uma capacidade de água disponível apropriada ao tipo de planta cultivada, o balanço hídrico climatológico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência (DEF), do excedente (EXC), e do armazenamento de água no solo (ARM).

O mesmo é apresentado por D'Angiolella & Vasconcellos (2003) em forma de planilha eletrônica (BHídrico V.3.2 – 2002), que relaciona estas mesmas estimativas acima citadas por Pereira *et al.*, (1997) *apud* Rossato (2001) para diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração.

## **2.7 – Precipitação Pluviométrica**

Pinto *et al.* (1976) definem precipitação como a água proveniente de vapor de água da atmosfera que é depositada na superfície terrestre em qualquer forma, ou seja, chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada. Os autores correlacionam a formação das precipitações com a ascensão das massas de ar, indicando três fatores importantes: a convecção térmica, o relevo e a ação frontal de massas. Essa ascensão do ar provoca um resfriamento, proporcionando o ponto de saturação, condensando o vapor de água em forma de minúsculas gotas que são mantidas em suspensão, como nuvens e nevoeiros.

Para que se ocorra uma precipitação, os autores explicam que é necessário que as gotas cresçam a partir de núcleos, dos quais ele aponta o gelo, a poeira ou outras partículas. Estes núcleos devem então atingir um peso suficiente para vencerem as forças de sustentação e caírem.

A quantidade de chuva é dada pela altura (h) de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável, avaliada por medidas tomadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se aparelhos específicos denominados pluviômetros, que são simples receptáculos de água precipitada e expressam

valores de altura pluviométrica em mm, ou pluviógrafos, que registram a altura da água no decorrer do tempo, em mm/h ou mm/min (VILLELA & MATTOS, 1975).

Para Tucci (2009), a disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar as necessidades de irrigação e abastecimento urbano e industrial e suas características principais são o seu total, duração e distribuições temporal e espacial.

Assad & Sano (1998) explicam a importância do conhecimento da distribuição pluvial no espaço e no tempo. Esses autores relacionaram o potencial hídrico climatológico do estado de Goiás à viabilidade de culturas como a do feijão e a possibilidade de uma segunda safra, regionalizando as áreas com disponibilidade hídrica ou com deficiência hídrica ao longo do tempo.

## 2.8 – Espacialização da Chuva

Para a elaboração de mapas de chuva, é necessário se utilizar um método de estimativa adequado ao trabalho. Segundo Barbosa (2006), a krigagem é um método que permite estimar o valor desconhecido associado a um ponto, área ou volume, a partir de um conjunto de  $n$  dados  $\{Z(x_i), i=1, n\}$  disponíveis. A krigagem é feita após a conclusão dos estudos geoestatísticos que levam a definição de um modelo de variograma, que servirá para inferir os valores de variância e covariância que serão utilizados pelos métodos geoestatísticos de interpolação.

O autor utiliza a krigagem pontual para estimar a variável de interesse em um ponto não amostrado para análise e espacialização de dados climáticos e ressalta a aplicação prática da krigagem pontual voltada para a representação gráfica de dados geográficos como mapas de isovalores (isotermas e isoietas).

Myers (1994) e Laslett (1994) *apud* Mello *et al.* (2003) fizeram uma abordagem geral de métodos utilizados para interpolação espacial de parâmetros em diversas áreas de pesquisa como ciência do solo, ecologia, engenharia florestal, hidrologia e meteorologia. Os autores destacaram a krigagem (ou interpolação geoestatística) como um preditor em potencial de inúmeros parâmetros nestas áreas.

Dirks *et al.* (1998) *apud* Mello *et al.* (2003) trabalharam com alguns interpoladores espaciais para chuvas anuais, mensais, diárias e horárias para a Ilha



de Norfolk na Nova Zelândia e concluíram que os métodos krigagem e inverso do quadrado da distância sobressaíram em relação a polígonos de Thiessen, “splines” cúbicas e inverso da distância com expoentes 1, 3 e 4.

Já Voltz & Webster (1990) e Gotway *et al.* (1996) *apud* Mello *et al.* (2003), trabalhando com atributos de solo, concluíram que a krigagem proporcionou os melhores resultados quando comparada respectivamente a splines cúbicas e métodos de inverso da distância de expoente 2.

## 2.9 – Temperatura e Evapotranspiração

Tucci (2009) explica que a evaporação e a evapotranspiração ocorrem quando a água líquida é convertida para vapor de água e transferida (ainda em vapor) para a atmosfera. Segundo o autor, esse processo somente poderá ocorrer naturalmente se houver ingresso de energia no sistema, proveniente do sol, da atmosfera, ou de ambos e, será controlado pela taxa de energia, na forma de vapor de água que se propaga da superfície da Terra.

Pinto *et al.* (1976) citam diversos fatores intervenientes ao processo de evapotranspiração, como grau de umidade relativa do ar atmosférico, temperatura, vento, radiação solar, salinidade da água, etc. Destaca-se, nesse trabalho, a importância da temperatura. Os autores colocam que a elevação da temperatura tem influência direta na evaporação porque eleva o valor da pressão de saturação do vapor de água, permitindo que maiores quantidades de vapor de água possam estar presentes no mesmo volume de ar, para o estado de saturação.

Estes mesmos autores explicam que evaporação é o conjunto dos fenômenos de natureza física que transformam em vapor a água da superfície do solo, a dos cursos de água, lagos reservatórios e mares enquanto que transpiração é a evaporação devida à ação dos vegetais, que retiram água do solo para suas atividades fisiológicas vitais e cedem parte dessa água à atmosfera em forma de vapor, pelas folhas.

De acordo com Rossato (2001), evapotranspiração foi o termo utilizado por Thornthwaite para expressar a ocorrência simultânea dos processos de evaporação e de transpiração proporcionadas pelas plantas. A evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de

água do solo às plantas. A disponibilidade de energia depende, por exemplo, do local e da época do ano e a latitude pode ser um indicativo do total diário de radiação solar potencialmente passível de ser utilizado no processo evaporativo.

Segundo Assad & Sano (1998), a evapotranspiração é de grande utilidade em climatologia, não só para classificações climáticas, mas também para as quantificações das disponibilidades hídricas regionais, através da relação com a precipitação e a variação da água no solo.

Os autores ressaltam que é fundamental o conhecimento da evapotranspiração máxima para planejamentos agrícolas, sendo esta correspondente à perda de água por evapotranspiração de uma cultura sob condições não restritivas de umidade. Esta condição estabelece o nível ideal de relação entre a planta, o solo e a atmosfera, permitindo que a planta atinja assim a sua produção máxima possível, enquanto que a evapotranspiração real é a quantidade de água perdida pela planta durante qualquer fase do seu ciclo de vida em condições de suprimento de água.

Rossato (2001) explica que a evapotranspiração real (ETR) é aquela que ocorre numa superfície vegetada, independente de sua área, de seu porte ou das condições de umidade do solo, ocorrendo em qualquer circunstância. Portanto a ETR pode assumir tanto o valor potencial, quando a umidade do solo está próxima da capacidade de campo ou outro qualquer, inferior à ETP.

## **2.10 – Balanço Hídrico**

D'Angiolella *et al.* (2005) explicam que o balanço hídrico surgiu da necessidade de se contabilizar a chuva e a evapotranspiração que ocorre em um ecossistema, com o objetivo de se conhecer a disponibilidade de água para as plantas ao longo do ano. Visando equacionar esta relação, surgiram diferentes métodos de se calcular o balanço hídrico.

Dentre estes, o que apresentou maior difusão foi o de Thornthwaite & Mather (1955), por considerar que a disponibilidade de água no solo diminui à medida que o armazenamento é reduzido, estabelecendo, assim, o solo como um ingrediente ativo no seu cálculo. Este balanço hídrico, portanto, é facilmente entendido como um

método climático utilizado para estimar o teor de água existente no solo disponível à comunidade vegetal.

Thornthwaite & Mather (1955) consideram o solo como um reservatório que dificulta a saída da água à medida que vai secando. Nos períodos em que o total de chuvas (P) é menor que a evapotranspiração potencial (ETP), a água retida torna-se uma função dessa demanda potencial ( $P - ETP < 0$ ) e da CAD adotada. Havendo uma seqüência de períodos nessa condição, a água retida no solo será uma função seqüencial dos valores negativos acumulados de  $P - ETP$ , ou seja, da perda potencial acumulada (THORNTHWAITE & MATHER, 1955 *apud* PEREIRA, 2005).

Segundo Sentelhas (1998) *apud* D'Angiolella *et al.* (2005), o balanço hídrico climatológico tem como sua principal função, a caracterização regional quanto à disponibilidade hídrica. Tubelis (2001) *apud* D'Angiolella *et al.* (2005) afirma que o balanço hídrico pode ser usado para a determinação do período de repouso necessário a algumas culturas perenes, o que pode ser atingido com a seca, de forma a proporcionarem floradas intensas e conseqüentemente colheitas concentradas.

O Polígono de Thiessen procura ponderar a contribuição de cada estação pluviométrica com a porcentagem da área do polígono de influência de cada estação inserida nos limites internos da bacia em relação à área total de contribuição da bacia hidrográfica (Euclides *et al.*, 1999 *apud* Oliveira & Fioreze, 2011).

D'Angiolella & Vasconcellos (2003) organizaram uma planilha eletrônica que proporciona sua utilização em sistema operacional Windows, unida à condição de escolha de vários métodos para estimativa da evapotranspiração com base na disponibilidade de dados meteorológicos. Esta planilha, programa computacional "BHídrico V.3.2- 2002", foi desenvolvido em ambiente Excel<sup>TM</sup> para WINDOWSTM. Utiliza o método preconizado por Thornthwaite & Mather (1955), para cálculo do Balanço Hídrico Climatológico.

A planilha possui espaço para a entrada de diferentes dados: temperatura média, umidade relativa, velocidade do vento, precipitação, evaporação no Tanque Classe A e brilho solar real em escala mensal. Ainda são estimadas a radiação solar no topo da atmosfera ( $R_a$ ), radiação solar global incidente ( $R_g$ ), saldo de radiação de ondas longas ( $R_b$ ) e saldo de radiação ( $R_n$ ). Porém estes dados são usados para calcular a evapotranspiração potencial mediante seis métodos diferentes, sendo

alguns dados necessários a um método e outros para outro método (D'ANGIOLELLA & VASCONCELLOS, 2003).

Este trabalho utilizou o método de Thornthwaite (1948) para a estimativa de evapotranspiração potencial. D'Angiolella & Vasconcellos (2003) utilizam as seguintes fórmulas (Equação 1 a 5) para a estimativa da evapotranspiração potencial para este método.

$$ETP = 16 \left( 10 \frac{T_i}{I} \right)^a \quad T_i > 0^\circ C \quad (\text{Eq 1})$$

Onde:

- ETP = Evapotranspiração potencial (mm/mês);
- $a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$  (mm/mês);
- I = índice anual de calor, correspondente a soma de doze índices mensais;
- $T_i$  = Temperatura média mensal ( $^\circ C$ );

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2T_i)^{1,514} \quad (\text{Eq 2})$$

e

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,7912 \times 10^{-2} I + 0,49239 \quad (\text{Eq 3})$$

Segundo Pereira *et al*, (2002) deve-se aplicar um fator de correção (Cor) para a evapotranspiração potencial (Equação 4) devido à influência da latitude e sua posição ao longo do ano.

$$ET_o = ETP_c \text{Cor} \quad (\text{Eq 4})$$

$$\text{Cor} = \left( \frac{ND}{30} \right) \times \left( \frac{N}{12} \right) \quad (\text{Eq 5})$$

Onde:

- ETP = Evapotranspiração potencial (mm/mês);

- $ET_o$  = Evapotranspiração potencial corrigida (mm/mês);
- $ND$  = número de dias do mês em questão;
- $N$  = fotoperíodo médio do mês (horas);
- $T_i$  = Temperatura média mensal ( $^{\circ}C$ ).

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia segue o fluxograma abaixo (Figura 13).

#### 3.1 - Fluxograma da Abordagem Metodológica

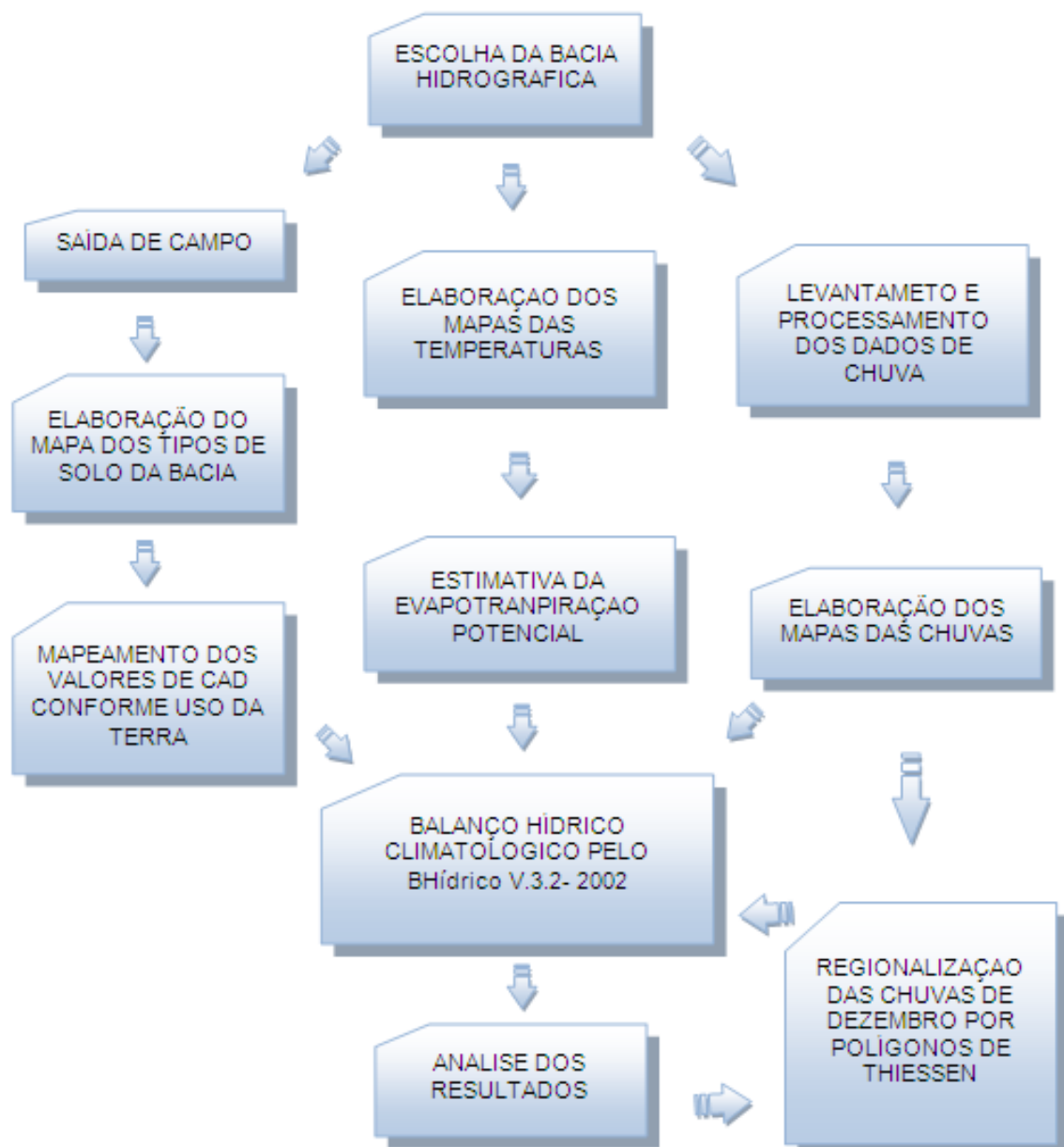


Figura 13 – Fluxograma.

### 3.2 – Área de Estudo

A região hidrográfica do Ibicuí está situada na Região Hidrográfica do Uruguai, no extremo oeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 28°53' e 30°51' de latitude Sul e 53°39' e 57°36' de longitude Oeste.

Na Divisão Hidrográfica do Estado, proposta pela Comissão Consultiva do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, a bacia é identificada com a sigla U-50. É a principal contribuição da margem esquerda do rio Uruguai em território brasileiro, com 35.062,51 Km<sup>2</sup>. Os principais formadores do Rio Ibicuí são os Rios Toropi, Jaguari, Ibicuí-Mirim, Ibirapuitã e Santa Maria (UFSM, 2005).

Pertencente à bacia hidrográfica do rio Ibicuí, a bacia Cachoeira Cinco Veados (Figura 14) está situada na Região Hidrográfica do Uruguai e abrange 4 municípios: Tupanciretã, Quevedos, Júlio de Castilhos e São Martinho da Serra. Suas coordenadas geográficas são 29°00' e 29°30' de latitude Sul e 53°39' e 54°06' de longitude Oeste, estando estas sob o Datum SAD69, base para todo o mapeamento realizado no trabalho.

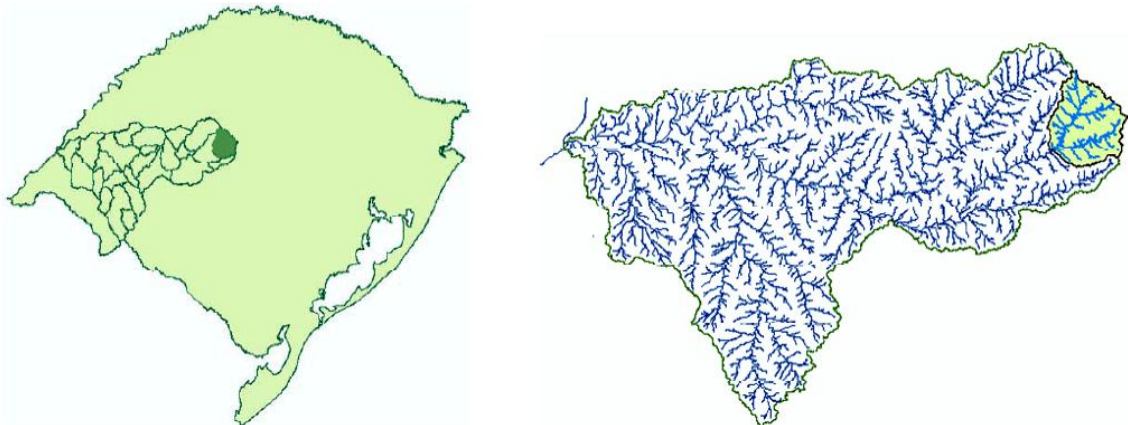


Figura 14. Região hidrográfica do rio Ibicuí, destacando a bacia Cachoeira Cinco Veados. Fonte: UFSM, 2005

A bacia Cachoeira Cinco Veados, embora esteja em área de serra, está inserida no Bioma Pampa e sua vegetação característica local sofreu modificações antrópicas, passando na sua grande maioria de campos característicos do bioma para áreas cultivadas (MMA, 2007).

Quanto à geologia e geomorfologia, a bacia do Ibicuí possui na região sudeste rochas metamórficas intensamente dobradas, formando a Serra do Sudeste. Seguindo o contorno da Serra do Sudeste, encontra-se a Depressão Central Gaúcha onde, em sua maior parte, há afloramento da Formação Rosário do Sul.

A Formação Botucatu ocorre acompanhando a Formação Serra Geral, a noroeste da bacia. A Formação Serra Geral ocorre em toda a região planáltica que ocupa a parte norte e oeste da bacia do Ibicuí. A nordeste, sobre o Planalto das Missões, encontra-se a formação Tupanciretã (UFSM, 2005).

### **3.3 – Mapa dos Tipos de Solo da Bacia**

Para se obter o mapa dos tipos de solo da bacia Cachoeira Cinco Veados, realizaram-se os seguintes procedimentos:

a) Análise do Mapa de Solos do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973 *apud* STRECK *et al.*, 2008) em escala 1:750.000;

a.1) Identificação das Unidades de Mapeamento possivelmente existentes na bacia;

De acordo com este Mapa de Solos do Rio Grande do Sul, as unidades de mapeamento possivelmente existentes na bacia estão relacionadas na Tabela1 e na Figura 15.

b) Saída a Campo.

A saída a campo foi realizada com os seguintes procedimentos:

b.1) Marcação dos pontos com exposição do perfil do solo em cortes de estrada com GPS de navegação (Figura 16), Datum SAD69, o mesmo da base d o mapeamento do trabalho.

b.2) Tomada de fotos dos perfis do solo expostos em cortes de estrada e fotos da paisagem que continham estes pontos;

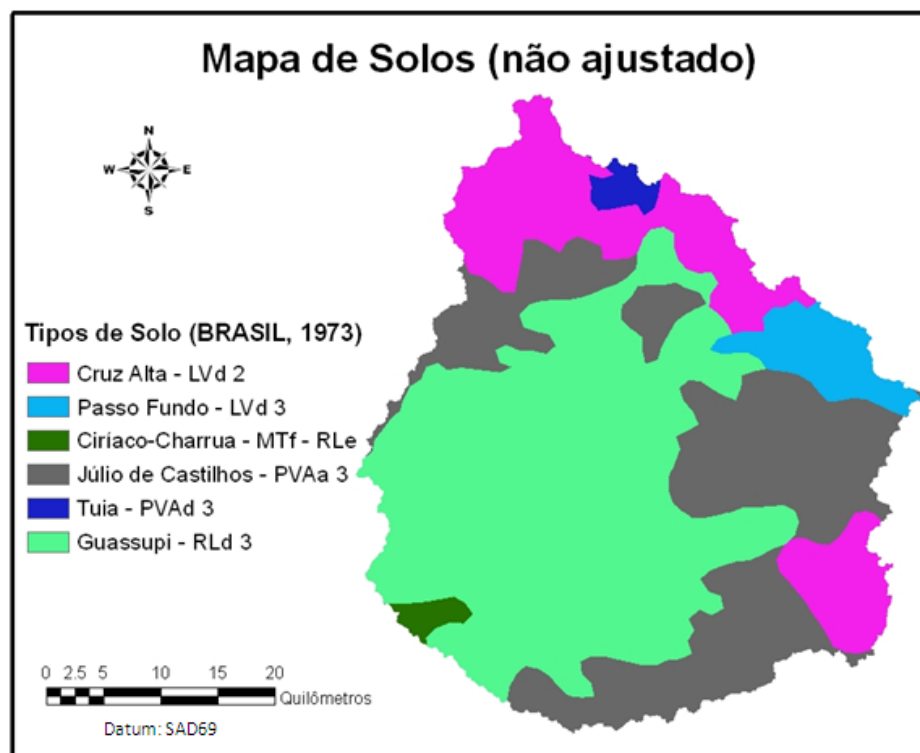


Tabela 1- Unidades de mapeamento da bacia Cachoeira Cinco Veados conforme BRASIL (1973).

Fonte: Streck *et al.* (2008) \*

Nº Perfil	Unidade de Mapeamento	Classificação dos Solos	
		BRASIL (1973)	*SiBCS (2006)
RS 38	Ciríaco - Charrua	Solos Litólicos Eutróficos textura média	Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário ou típico
RS 6	Cruz Alta	Latosol Vermelho Escuro Distrófico textura média	Latossolo Vermelho Distrófico típico
RS 78	Guassupi	Solos Litólicos Distróficos textura média	Neossolo Litólico Distro- úmbrico fragmentário
RS 50	Júlio de Castilhos	Podzólico Vermelho Amarelo álico textura argilosa	Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico úmbrico
RS 22	Passo Fundo	Latosol Vermelho Escuro Distrófico textura argilosa	Latossolo Vermelho Distrófico húmico
RS 52	Tuia	Podzólico Vermelho Amarelo abrupto textura média	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico abrupto

\* SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.

Figura 15 - Mapa de solos da bacia Cachoeira Cinco Veados conforme BRASIL (1973) *apud* Streck *et al.*(2008) não ajustado.

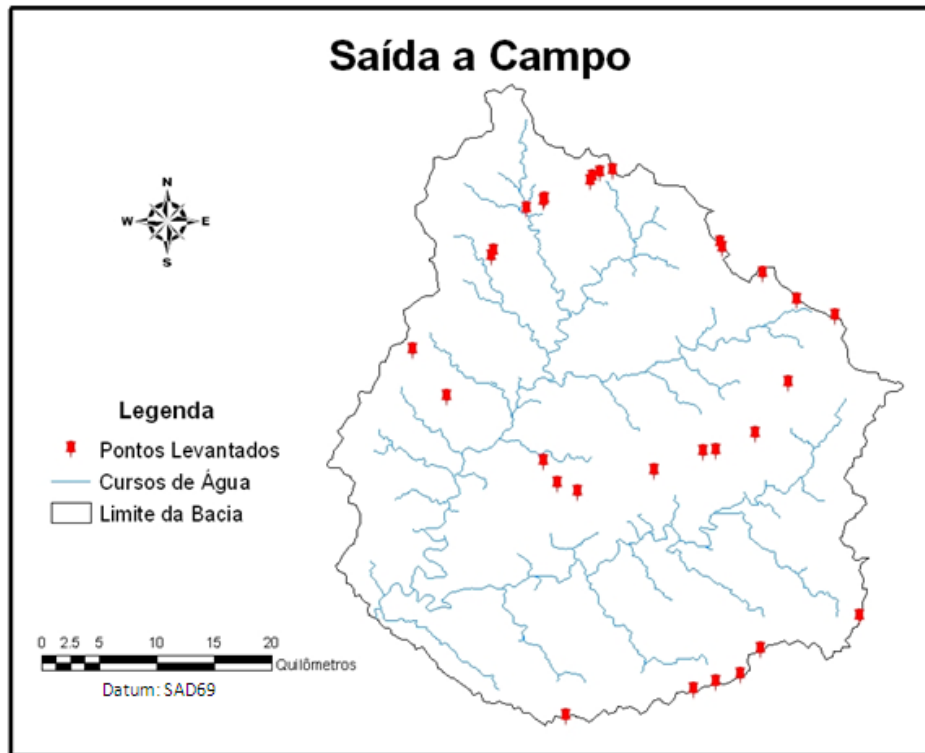


Figura 16 - Mapa dos pontos levantados.

Foram levantados um total de 30 pontos e 61 fotos, sendo destas 35 de paisagem e 26 de perfis do solo.

Já em escritório realizou-se:

b.3) Análise da relação entre os pontos levantados e suas altitudes de acordo com o Modelo Numérico do Terreno (MNT) da bacia.

A altitude de cada ponto levantado foi corrigida de acordo com o MNT da bacia haja vista que a classificação final do mapa de solos se dará, entre outros, pela reclassificação deste raster.

c) Análise da toposequência.

c.1) Conferência dos tipos de solo nas fotos e suas respectivas classes por toposequência;

Baseando-se na toposequência (STRECK *et al.*, 2008), classificaram-se os solos da bacia em latossolo nas partes mais altas, seguido por argissolo nas altitudes intermediárias da bacia e neossolo nas partes mais baixas, seguindo o que

foi classificado por BRASIL (1973) *apud* Streck *et al.*(2008) e já explicitado na Tabela 1. Identificou-se que a Unidade de Mapeamento Tuia não se encontra nesta bacia por ultrapassar os limites topográficos, o que deve ser consequência da generalização cartográfica junto aos divisores de água.

As Figuras 17, 18 e 19 demonstram a classificação dos solos de acordo com seus perfis identificados nas fotos.



Figura 17 – Latossolo desenvolvido em rocha vulcânica. (Foto acervo Gerhi).



Figura 18 – Argissolo desenvolvido em rocha vulcânica. (Fotos acervo Gerhi).



Figura 19 – Neossolo Litólico desenvolvido em rocha vulcânica. (Foto acervo Gerhi).

d) Reclassificação do MNT da bacia;

d.1) Aferição do mapa dos tipos de solo de acordo com as relações existentes entre as fotos (perfil), altitude, toposequência e paisagem. Os intervalos altimétricos dos diferentes solos estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Intervalos altimétricos dos solos da bacia Cachoeira Cinco Veados.

Classificação dos Solos	Limites de Cotas Altimétricas (m)
Neossolo	166 – 410
Argissolo	411 – 457
Latossolo	458 – 536

De acordo com Streck *et al.* (2008), as paisagens dos dois neossolos antigamente nominados Guassupi e Charrua são bem diferentes como nas Figuras 20 e 21. Já FEPAM (2001), identificou a classe de declividade em que se encontra a Unidade de Mapeamento (U.M.) Charrua, sendo esta situada entre 15 a 40 % (Quadro1), o que torna clara a diferenciação das duas U.M., uma vez que a bacia é

quase que em sua totalidade plana, tendo sua pequena parte mais íngreme próxima ao exutório, onde começa o rebordo da Serra Geral (Figura 23).

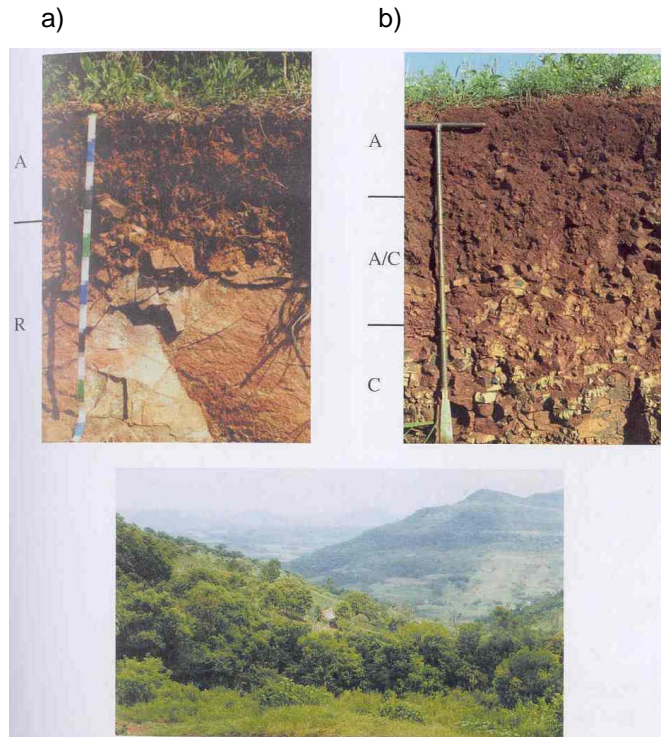


Figura 20- Perfis e paisagem de Neossolo Litólico Eutrófico Fragmentário (a) e Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico (b) (Unidade Charrua). (Fonte: STRECK *et al.*, 2008).



Figura 21- Perfil e paisagem de Neossolo Regolítico Distro-úmbrico Léptico (Unidade Guassupi). (Fonte: STRECK *et al.*, 2008).

Solo	Profundidade cm	Textura	Drenagem	Declive %
Charrua	< 50	med/ arg	Bem	15 a 40
C Alta	> 300	med	Acentuada	8 a 10
Guassupi	< 50	med	Bem	10
J. Castilhos	> 150	argila	Pouco	5 a 10
P. Fundo	> 250	argila	Bem	-

Quadro 1 - Compilação dos fatores do solo ou do terreno (BRASIL, 1973; FEPAM, 2001).

Sendo assim, criou-se, a partir do MNT da bacia (Figura 22), o mapa de declividades apresentado na Figura 23 e, assim, foi possível distinguir os dois neossolos (Figura 24), sendo a U. M. Charrua situada nas partes mais declivosas, ou seja, com declividade de 15 % para cima.

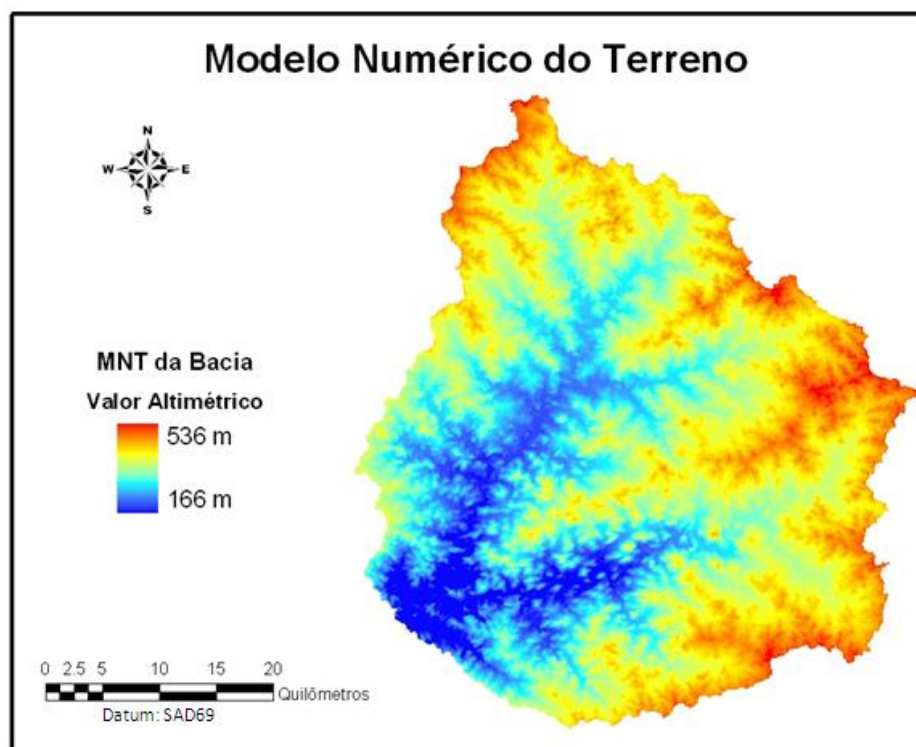


Figura 22 – Modelo Numérico do Terreno.

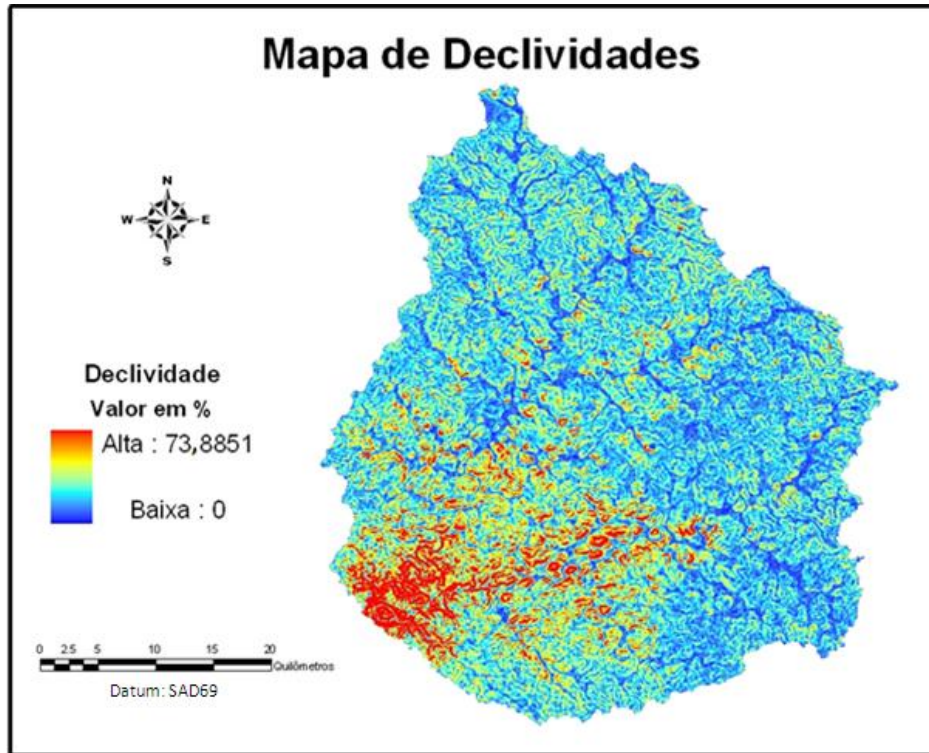


Figura 23 – Mapa de Declividades da Bacia.

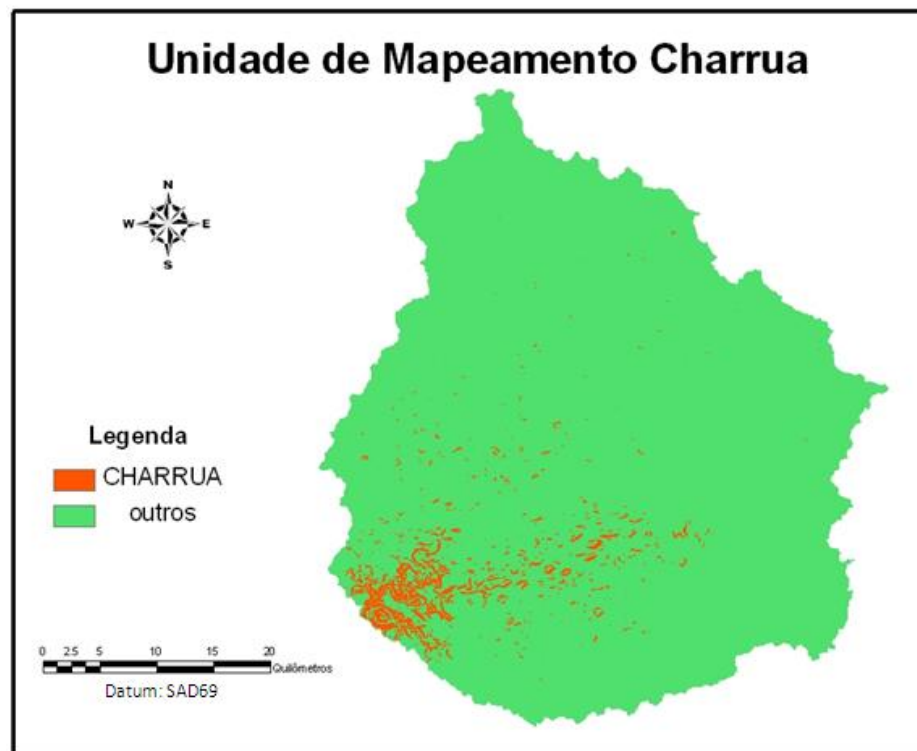


Figura 24 – Mapa da Unidade de Mapeamento Charrua (Neossolo Litólico).

### 3.4 – Mapas das Capacidades de Água Disponível

Através da classificação dos tipos de solo da bacia, identificaram-se os diferentes usos do solo em cada um dos diferentes tipos de solo. Os usos classificados no trabalho estão explicitados na Figura 25 (MMA, 2007).

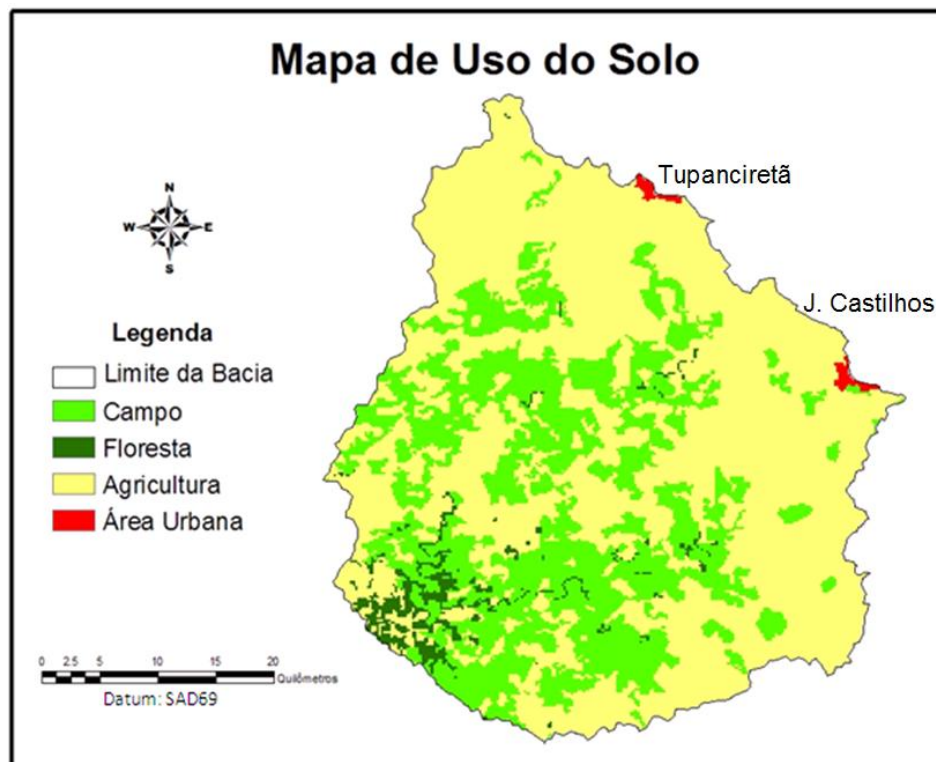


Figura 25 – Mapa de Uso do Solo. Fonte: MMA (2007)

Considerando o que Pereira *et al.* (2002) classificaram (Figura 26), deu-se diferentes valores de CAD aos usos do solo em cada diferente tipo de solo.



TIPO DE SOLO				
AREIA FINA	FRANCO ARENOSO FINO	FRANCO SILTOSO	FRANCO ARGILOSO	ARGILOSO
(A) CULTURAS DE RAÍZES SUPERFICIAIS (espinafre, ervilha, feijão, beterraba, cenoura, etc.)				
50	75	125	100	75
(B) CULTURAS DE RAÍZES DE MODERADA PROFUNDIDADE (milho, algodão, fumo, cereais)				
75	150	200	200	150
(C) CULTURAS DE RAÍZES PROFUNDAS (alfafa, pastagens, arbustos)				
100	150	250	250	200
(D) FRUTEIRAS				
150	250	300	250	200
(E) FLORESTA ADULTA FECHADA				
250	300	400	400	350

Figura 26 – Valores de CAD conforme a profundidade das raízes e textura do solo. Fonte: Pereira *et al.* (2002).

Para se classificar os solos da bacia Cachoeira Cinco Veados conforme a tabela apresentada por Pereira *et al.* (2002), identificou-se primeiro que Thornthwaite & Mather (1957) *apud* SEMA (2010) (Figura 27) haviam classificado as diferentes capacidades de água disponível nas mais diferentes classificações de solo sob o uso de floresta. Cruzando ambos os valores de Pereira *et al.* (2002) e Thornthwaite & Mather (1957) *apud* SEMA (2010), identificou-se os valores idênticos de CAD para áreas florestadas em ambas as tabelas dos autores, orientando assim os restantes dos valores de CAD para o trabalho.

Classe de Solo*	CAD (mm)
Latossolo Vermelho aluminoférrico	350
Latossolo Vermelho distroférico	350
Latossolo Vermelho distrófico típico	400
Planossolo Háptico eutrófico arênico	300
Argissolo Vermelho-Amarelo distr. húmbrico	350
Argissolo Vermelho distr. Latossólico	400
Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico:	350
Organossolo Tiomórfico sáprico	400
Nitossolo Vermelho distrófico típico	350
Nitossolo Vermelho aluminico típico	350
Chernossolo Ebânico órtico vértico	300
Luvissolo Crômico pálico saprolí.	300
Chernossolo Ebânico carbonático	260
Cambissolo Húmico Alumínico típi.	260
Argissolo Amarelo alítico típico	150
Argissolo BA alítico abrupto	300
Argissolo Bruno-Acinzentado alít.	300
Argissolo Bruno-acinzentado alít.	300
Argissolo Vermelho aluminico típico	260
Argissolo Vermelho-amarelo eutró.	225
Cambissolo Háptico Ta eutrófico	200
Chernossolo Argilúvico carbonáti.	225
Espodosolos indiscriminados	125
Gleissolo Háptico Ta eutrófico	200
Gleissolo Háptico Tb eutrófico	175
Gleissolo Melânico Ta eutrófico	175
Gleissolo Melânico Tb eutrófico	175
Latossolo Bruno aluminoférrico	260
Latossolo Bruno distroférico tí.	260
Neossolo Flúvico Ta ou Tb distró.	200
Neossolo Lit. distro-úmbrico frag.	100
Neossolo Quartzarênico hidromórf.	125
Neossolo Quartzarênico órtico tí.	125
Neossolo Quarzarênico órtico típi.	125
Neossolo Regolítico húmico lépti.	100
Nitossolo Bruno aluminico típico	260
Nitossolo V distroférico típico	260
Nitossolo V eutroférico típico	260
Planossolo Háptico eutrófico vér.	175
Planossolo Háptico eutr. solódic.	300
Plintossolo Argilúvico aluminico.	300
Plintossolo Argilúvico eutrófico.	260
Vertissolo Ebânico órtico cherno.	260

Figura 27 – Valores de CAD para as diferentes classes de solo sob floresta. Fonte: SEMA (2010).

Distinguiram-se valores de CAD entre o período quente, aqui chamado verão, e o período frio, aqui chamado inverno. Esta diferenciação se deu por simulação de dois plantios diferentes neste período, de comum ocorrência nesta área, conforme observado a campo. No período quente, de outubro a março, utilizam-se os valores

de CAD para a cultura de soja, sendo assim valorada conforme as culturas de raízes superficiais, ou seja, (A) conforme Pereira *et al.* (2002).

Já no período de abril a setembro, simulam-se valores de CAD para uma cultura de trigo, sendo assim valorada conforme as culturas de raízes de moderada profundidade, ou seja, (B) conforme Pereira *et al.* (2002).

### 3.5 – Mapas de Chuva

Para o mapeamento das chuvas mensais na bacia Cachoeira Cinco Veados foram utilizados dados pluviométricos disponíveis na Hidroweb – ANA (2011) para as estações mais próximas à área de abrangência da bacia, primando pela utilização de dados temporalmente coincidentes e de maior extensão periódica possível (Figura 28).

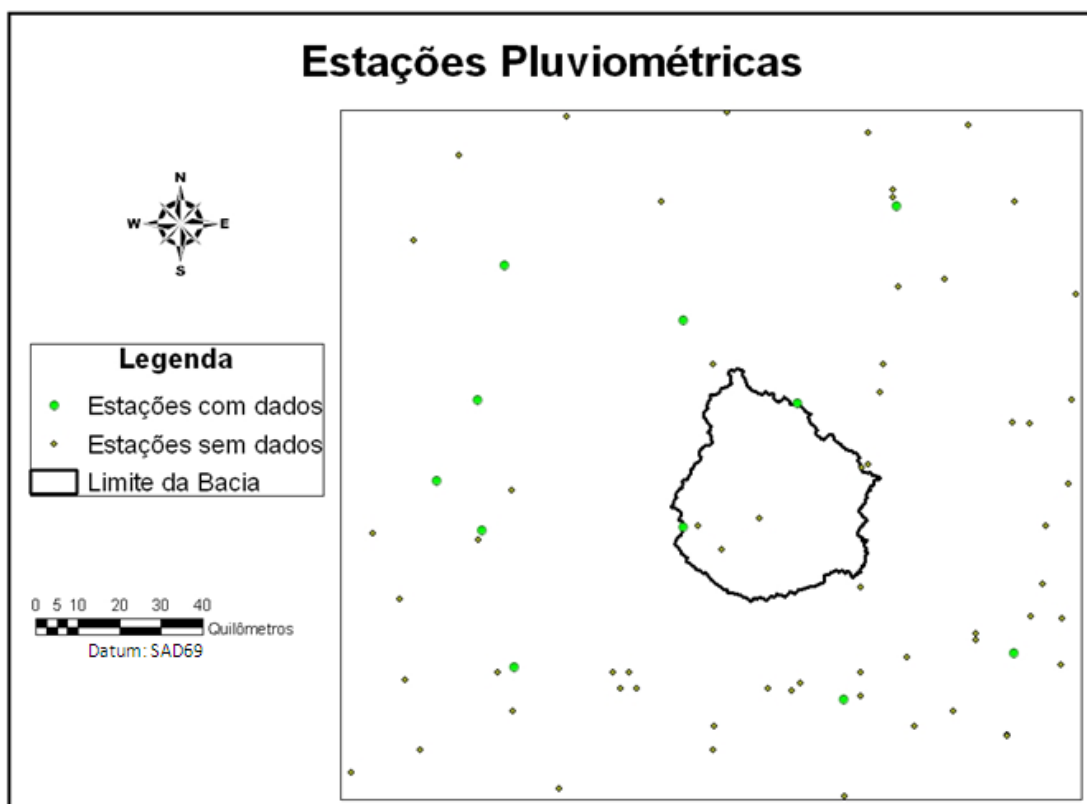


Figura 28 – Estações Pluviométricas. Fonte: Hidroweb – ANA (2011).

A Figura 28 ilustra pontos marrons referentes às estações sem dados no período determinado ou distantes da área, e pontos verdes referentes às estações utilizadas no trabalho (Quadro 2). A espacialização dos dados foi realizada com o uso do Programa ArcGIS.

Analisando-se os dados disponíveis, verificou-se que as estações com os requisitos necessários são as encontradas no Quadro 2.

Código Estação	Código Bacia	Código Sub Bacia	Código Município	Nome da Estação	Latitude	Longitude
2853028	7	75	24060000	ANDERSON CLAYTON	-28,6578	-53,6058
2854012	7	75	24175000	COIMBRA	-28,7878	-54,4525
2854013	7	76	24222000	SÃO BERNARDO	-28,9053	-54,0650
2953008	8	85	24066000	DONA FRANCISCA	-29,6244	-53,3519
2953017	8	85	24169000	SANTA MARIA	-29,7242	-53,7200
2953030	7	75	24222000	TUPANCIRETA	-29,0856	-53,8192
2954005	7	76	24110000	FURNAS DO SEGREDO	-29,3589	-54,5019
2954019	7	76	24111000	QUEVEDOS	-29,3514	-54,0669
2954030	7	76	24174000	FLORIDA	-29,2517	-54,5983
2954031	7	75	24174000	ESQUINA DOS LIMA (STA. BARBARA)	-29,0778	-54,5094
2954032	7	76	24194000	PONTE TOROPI II	-29,6533	-54,4314

Quadro 2 – Estações Pluviométricas. Fonte: Hidroweb-ANA (2011). Localização em graus decimais.

O período de maior extensão periódica com dados disponíveis entre estas estações foi de 01/02/1983 a 31/12/2001, ou seja, 18 anos e 10 meses.

Como algumas estações pluviométricas apresentaram falhas nos dados, mais especificamente na estação 2954032 no período de fevereiro de 1983 a abril de 1984 e na estação 2953030 no período de março de 1992 a setembro do mesmo ano, utilizou-se do método descrito por Villela & Mattos (1975).

Os autores explicam que pode-se determinar a precipitação  $P_x$  da estação  $x$  através da média ponderada dos registros das estações vizinhas, onde os pesos são as razões entre as precipitações normais anuais, como na Equação 6.

$$P_x = 1/n * ((N_x/N_1)*P_1 + (N_x/N_2)*P_2 + (N_x/N_3)*P_3 + \dots + (N_x/N_n)*P_n \quad (\text{Eq 6})$$

Onde:

$P_x$  é a precipitação da estação  $x$  sem dado;

$N$  é a precipitação normal anual;

$n$  é o número total de estações.

Foram calculadas as médias de chuva para este período para cada mês, resultando em valores mensais em mm, por estação (Quadro 3). Através do método de interpolação Krigagem, criaram-se os mapas de chuva mensais para a bacia Cachoeira Cinco Veados (Figura 28).

Código da Estação	Média Anual	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2853028	160,5	185,5	152,2	120,8	206,2	167,6	149,4	167,4	135,0	176,1	200,7	145,1	119,6
2854012	157,7	175,5	151,4	144,5	218,1	147,6	160,1	169,4	132,1	157,0	181,4	140,2	114,9
2854013	167,6	172,9	162,4	140,0	222,8	169,9	160,3	181,5	126,6	176,1	216,0	155,9	127,1
2953008	157,3	188,2	157,2	146,3	192,8	158,0	148,5	189,7	123,3	174,6	166,3	126,9	116,0
2953017	154,8	170,1	142,3	151,1	204,4	165,6	146,9	174,8	113,2	165,6	152,3	132,3	139,3
2953030	152,9	151,7	156,9	129,5	184,4	144,4	156,4	180,3	125,5	166,3	182,8	139,1	117,4
2954005	154,8	160,3	161,1	165,9	210,3	162,6	147,6	170,7	100,3	170,9	168,2	145,8	94,4
2954019	147,7	163,1	151,0	139,7	188,3	157,7	143,8	170,8	91,3	169,8	159,7	126,0	111,1
2954030	152,0	165,1	155,5	161,1	212,6	152,5	143,4	171,0	103,4	161,1	167,0	133,9	97,0
2954031	158,4	172,3	168,4	158,1	212,6	159,4	143,6	172,9	107,7	178,6	178,1	137,2	111,7
2954032	143,4	145,9	139,9	146,8	212,5	147,0	118,2	162,1	95,7	178,7	152,3	143,7	77,5

Quadro 3 – Valores mensais de chuva (mm) por estação. Fonte: Hidroweb – ANA (2011).

### 3.6 – Temperatura e Evapotranspiração Potencial

A temperatura média do ar para a bacia Cachoeira Cinco Veados foi estimada por interpolação (krigagem) dos valores das normais climatológicas, de cada mês, das estações mais próximas a bacia. Foram elas: Santa Maria, Encruzilhada do Sul,

São Luiz Gonzaga, Passo Fundo, Iraí e Bagé (Figura 29). O Quadro 4 apresenta todos os valores de normais climatológicas do estado do Rio Grande do Sul para o período de 1961 – 1990 (Ministério da Agricultura e Reforma Agrária).

NOS.	LOCALIDADE	Long.	Lat.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
83980	Bagé	-54,1	-31,33	24	23,4	21,5	17,6	14,7	12,3	12,5	13,3	15	17,5	20,1	22,7	17,9
83919	Bom Jesus	-50,43	-28,67	18,6	19,1	17,8	14,9	12,3	10,5	10,9	11,4	12,5	14,2	15,7	17,8	14,7
83942	Caxias do Sul	-51,2	-29,17	20,6	20,7	19,2	16,3	13,9	12,1	12,4	12,7	14,2	15,9	18	19,6	16,3
83964	Encruz. do Sul	-52,52	-30,53	22,1	21,9	20,4	17,4	14,8	12,2	12,2	12,7	14,3	16,5	24,6	20,9	17,5
83881	Iraí	-53,23	-27,18	24,7	24,6	23,2	19,4	15,3	13,3	13,4	15,9	17,4	20,2	22,1	23,7	19,4
83914	Passo Fundo	-52,4	-28,22	22,1	21,9	20,6	17,6	14,3	12,7	12,8	14	14,8	17,7	19,8	21,5	17,5
83967	Porto Alegre	-51,17	-30,05	24,6	24,7	23,1	20,1	16,8	14,3	14,5	15,3	16,8	19,2	21,3	23,2	19,5
83936	Santa Maria	-53,7	-29,7	24,6	24	22,2	18,8	16	12,9	13,5	14,6	16,2	18,8	21,4	22,7	18,8
83997	Santa Vit. Palmar	-53,35	-33,52	22,2	22,1	20,5	17,3	14,4	11,5	11,3	12	13,5	15,7	18,2	20,5	16,6
83907	São L. Gonzaga	-55,02	-28,4	25,3	24,7	22,5	19,9	17,1	14,6	15	15,9	17,4	20,1	22,4	24,6	20
83948	Torres	-49,73	-29,35	22,9	23,3	22,6	20,1	17,5	15	14,8	15,2	16,3	18,2	20	21,4	18,9

Quadro 4 - Normais Climatológicas (1961 – 1990), temperatura do ar em °C. Fonte: CPACT\EMBRAPA.

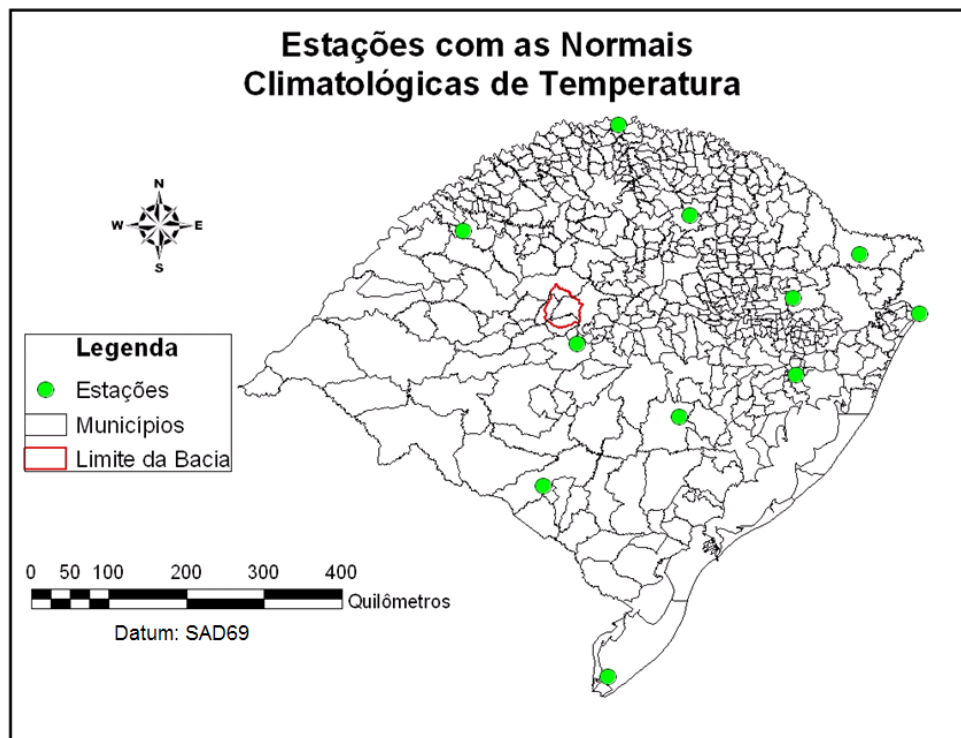


Figura 29 – Regionalização da temperatura do ar. Fonte: CPACT\EMBRAPA e Malha Digital Municipal do Estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2007).

O cálculo da evapotranspiração potencial e da evapotranspiração real se deu através utilização da planilha eletrônica BHídrico V.3.2 – 2002 (D'ANGIOLELLA & VASCONCELLOS, 2003), pelo método de Thornthwaite (1948). Os dados de entrada foram as temperaturas médias do ar para cada mês do ano e o valor médio da latitude da bacia de -29,25 graus decimais, como o orientado pelos autores.

### **3.7 – Balanço Hídrico**

O cálculo do balanço hídrico da bacia Cachoeira Cinco Veados deu-se através da utilização da planilha eletrônica BHídrico V.3.2 – 2002 (D'ANGIOLELLA & VASCONCELLOS, 2003), pelo método do balanço climatológico de Thornthwaite & Mather (1955) *apud* D'angiolella & Vasconcellos (2003).

Utilizando-se dos valores de latitude (-29,25°), temperaturas médias (máximas da bacia) do ar por mês e valores mínimos de chuva mensais, estimou-se o balanço hídrico climatológico para cada mês, primeiramente para o menor valor de CAD, ou seja, 20 mm. Optou-se por primeiramente usar os dados mínimos de chuva para se analisar o comportamento hidrológico na situação mais provável de déficit, ou seja, temperaturas mais altas para maiores taxas de evapotranspiração e valores menores de chuva.

Após a análise dos primeiros resultados do balanço hidrológico climatológico, direcionou-se a análise deste balanço apenas para o mês que apresentou déficit hídrico.

Para otimizar a espacialização dos dados de chuva do mês que apresentou déficit hídrico e viabilizar a utilização da planilha eletrônica BHídrico V.3.2 – 2002, gerando assim valores de déficit ou de excesso hídrico em mm, criaram-se polígonos de Thiessen para as estações pluviométricas utilizadas no trabalho (Figura 30).

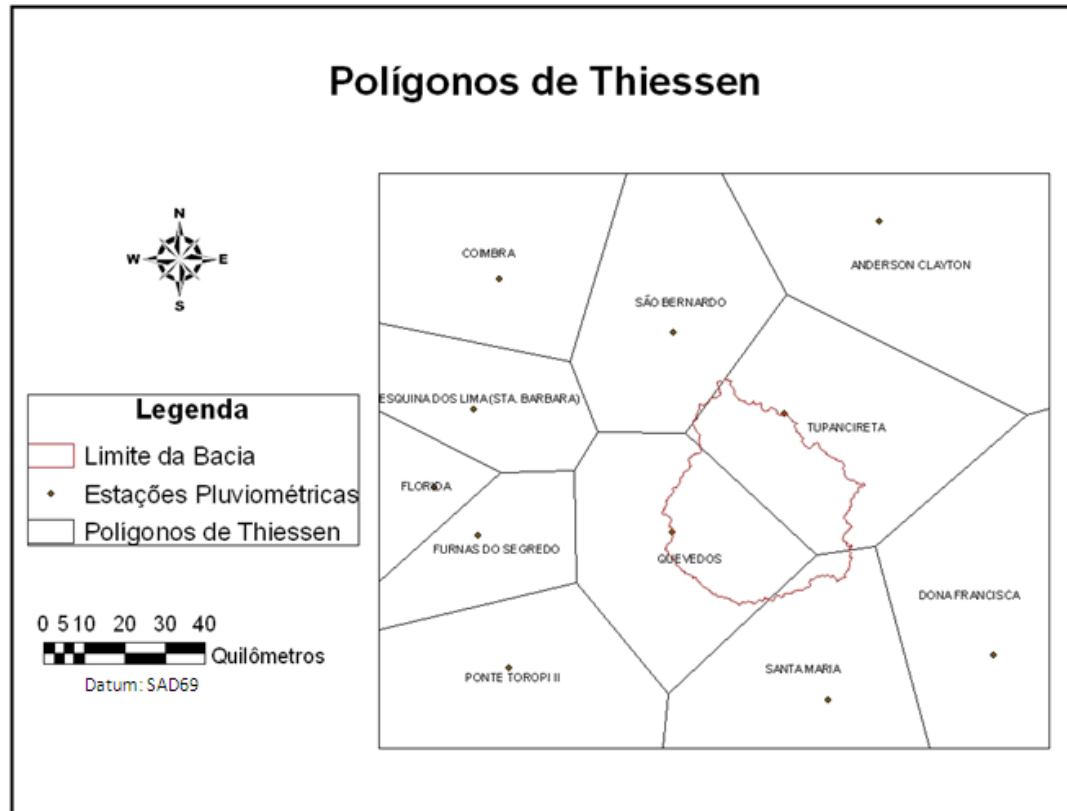


Figura 30 – Polígonos de Thiessen

Na análise do balanço hídrico climatológico para o mês que apresentou déficit, o valor de entrada de chuva na planilha eletrônica BHídrico V.3.2 – 2002, não mais se deu apenas pelo valor mínimo de chuva para toda a bacia e sim, os quatro valores de chuvas mensais de cada estação pluviométrica.

A bacia então foi subdividida nestes quatro polígonos para que fossem analisados separadamente, cada um com seus respectivos valores da CAD, resultando assim em valores diversos de déficit hídrico, de acordo com a evapotranspiração regional da bacia e os diferentes valores de armazenamento (CAD), ou em um único valor de excesso hídrico independente da CAD para chuvas superiores a evapotranspiração local.



## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Resultados

#### 4.1.1 – Mapa de Solos

A partir do cruzamento das informações de altitude (Tabela 2) e de declividade (Figuras 23 e 25), foi obtida a classificação final dos tipos de solo da bacia Cachoeira Cinco Veados, contendo a regionalização dos latossolos (U.M. Cruz Alta e U. M. Passo Fundo), do argissolo (U.M. Júlio de Castilhos) e dos neossolos U. M. Guassupi e U. M. Charrua distintamente (Figura 31).

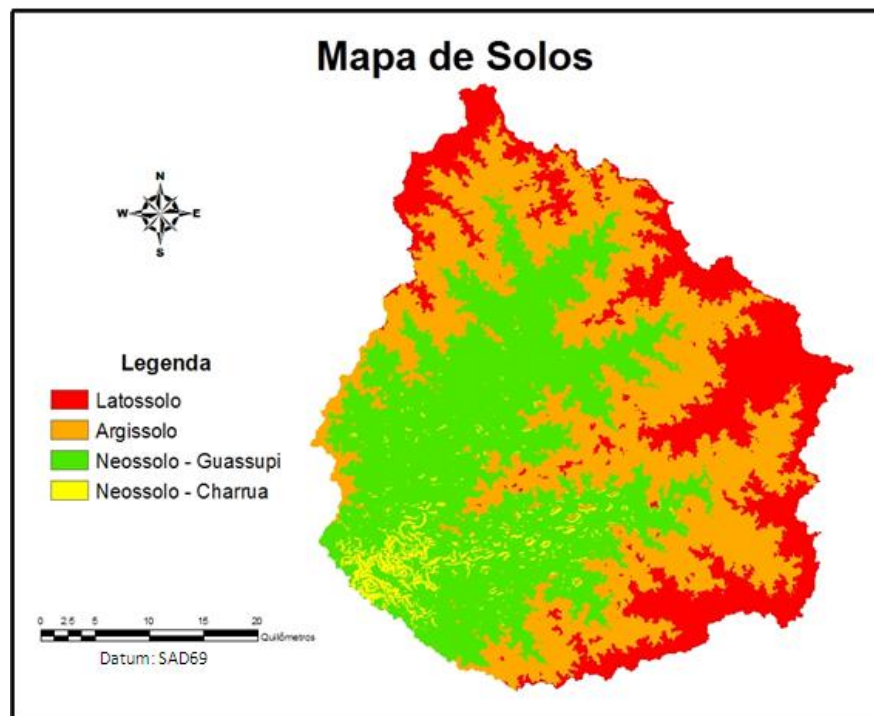


Figura 31 – Mapa Final de Solos da bacia Cachoeira Cinco Veados.

Para este nível de detalhamento do trabalho, usa-se apenas a generalização da classificação latossolo, uma vez que não se têm dados para separação das duas U.M. provavelmente presentes. O mesmo acontece na associação dos solos Ciríaco-Charrua mapeada em BRASIL (1973) *apud* Streck *et al.*(2008) e, portanto, caracterizou-se apenas o neossolo Charrua por ser aqui identificável.

#### 4.1.2 – Mapas das Capacidades de Água Disponível

Os valores de CAD (em mm) usados para os diferentes usos da terra em cada um dos tipos de solo encontram-se no Quadro 5.

Uso do Solo	Latossolo -	Argissolo -	Guassupi -	Charrua -
	Franco Argiloso	Argiloso	Neossolo Litólico	Neossolo Litólico
Campo - Pastagem	250	200	70	60
Floresta	400	350	125	100
Agricultura - Soja (verão)	100	75	30	20
Agricultura - Trigo (inverno)	200	150	55	45
Área Urbana	0	0	0	0

Quadro 5 – Valores de CAD (mm) usados na bacia Cachoeira Cinco Veados.

Identificaram-se os valores de floresta para os latossolos e argissolos dados por Thornthwaite & Mather (1957) *apud* SEMA (2010) de 400 e 350 mm, respectivamente, classificando-se assim os valores restantes do latossolo como os encontrados na coluna para solo franco argiloso, conforme Pereira *et al.* (2002), e valores restantes do argissolo na coluna para solo argiloso.

Ambos os valores de neossolo com floresta poderiam ser de 100 mm conforme Thornthwaite & Mather (1957) *apud* SEMA (2010), porém por existir comportamento hídrico distinto entre ambos os diferentes solos, verificado a campo e descrito no Item 3.3, optou-se por utilizar para o Guassupi, um valor um pouco maior, de 125 mm por ser o próximo baixo valor tabelado, uma vez que estes são valores médios (aproximados) para o uso e tipo de solo.

Manteve-se a devida proporção entre os valores de CAD para os neossolos e seus distintos usos conforme o que foi apresentado por Pereira *et al.* (2002) para os solos franco argiloso e argiloso, utilizados neste trabalho.

Os Mapas da Capacidade de Água Disponível (CAD) da bacia Cachoeira Cinco Veados encontram-se na Figura 32 e Figura 33, sendo o primeiro com valores de CAD durante o verão e o segundo com valores de CAD durante o inverno.

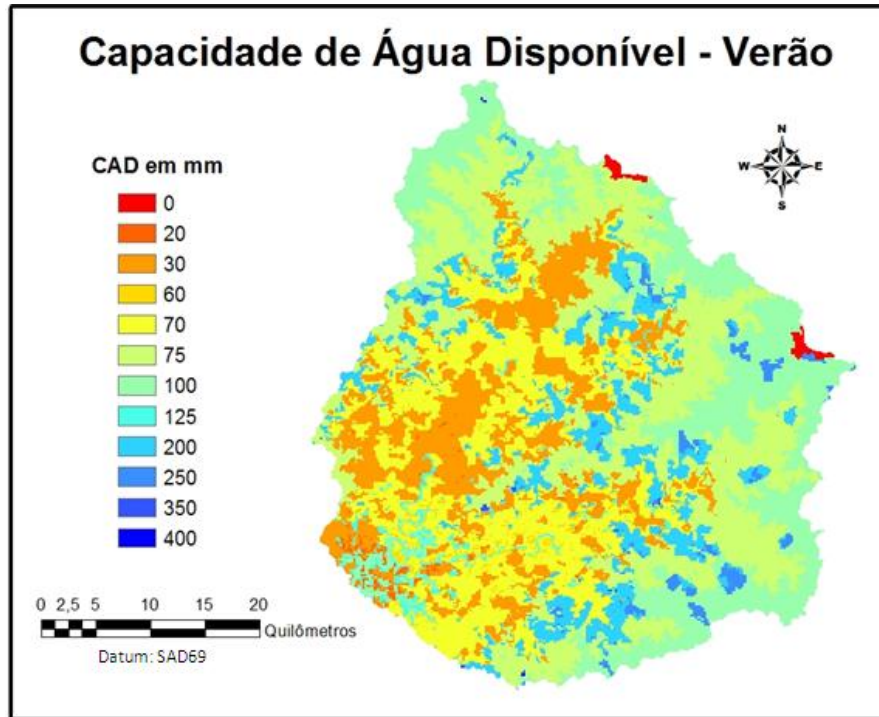


Figura 32 - Mapa da Capacidade de Água Disponível da bacia Cachoeira Cinco Veados para o período de verão.

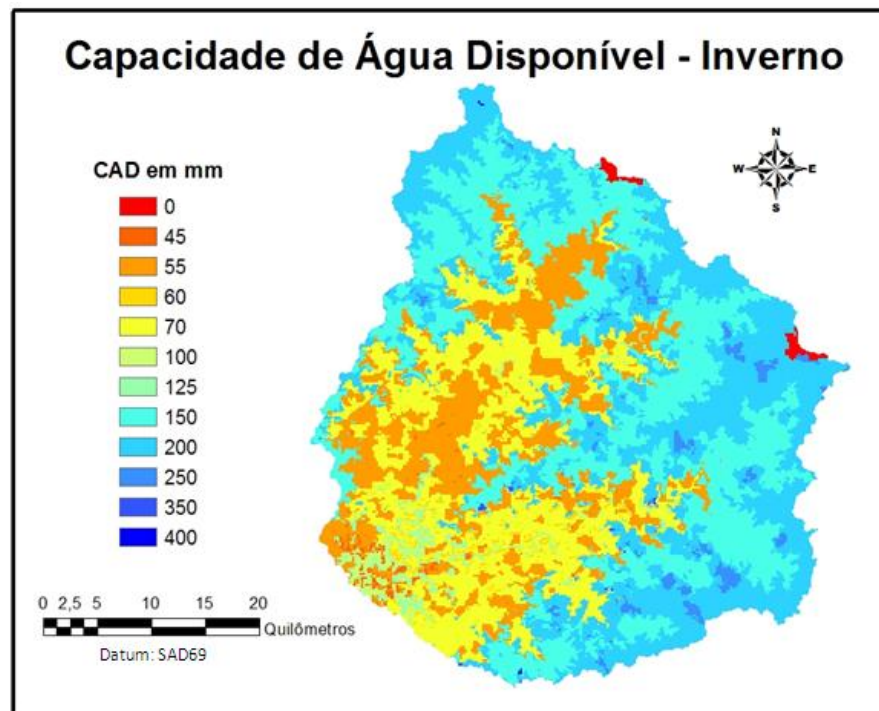


Figura 33 - Mapa da Capacidade de Água Disponível da bacia Cachoeira Cinco Veados para o período de inverno.

### 4.1.3 – Mapas de Chuva

Como resultados da interpolação das chuvas médias mensais por estação, originaram-se 12 mapas de chuva da bacia Cachoeira Cinco Veados, um para cada mês (Figura 34).

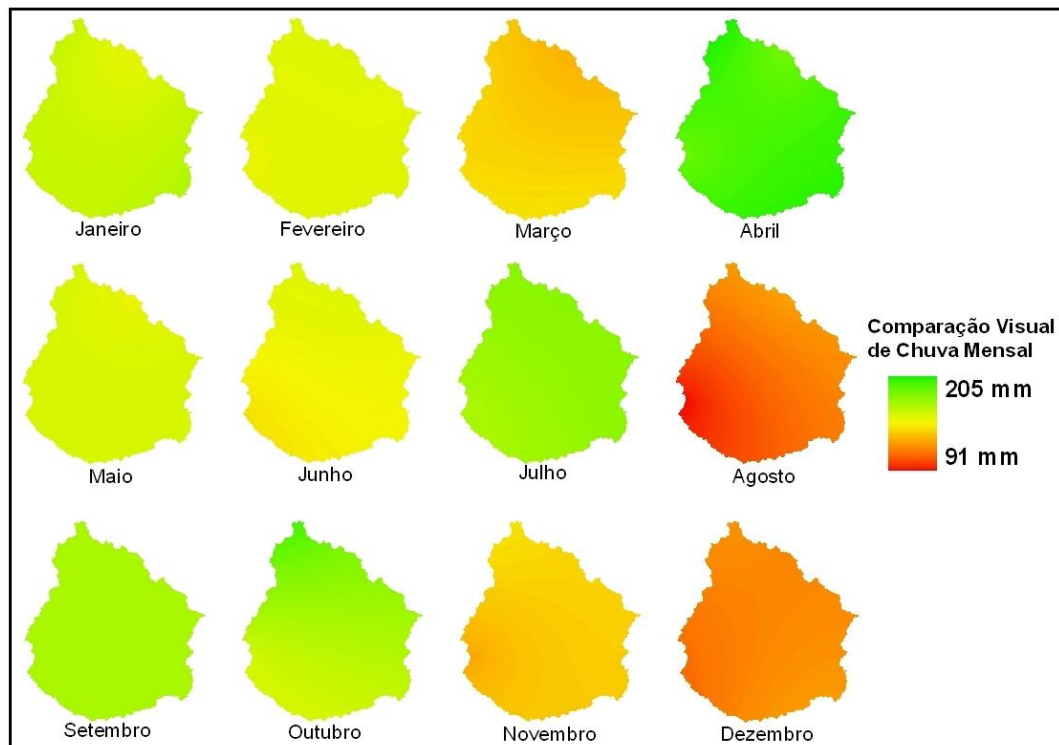


Figura 34 – Comparação visual de chuva entre os meses do ano.

Os valores máximos, médios e mínimos de chuva, resultantes da interpolação, encontram-se tabelados no Quadro 6, por mês e em mm, sendo cada um dos meses representado separadamente por um mapa distinto na Figura 34.

Chuva (mm)	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA
Janeiro	168,5	160,1	151,8
Fevereiro	156,8	153,9	151,1
Março	143,0	136,3	129,5
Abril	204,2	194,5	184,7
Mai	157,7	153,3	149,0
Junho	156,3	149,6	142,9
Julho	180,3	175,3	170,3
Agosto	125,3	108,4	91,4
Setembro	170,4	170,4	170,4
Outubro	196,9	177,5	158,0
Novembro	143,5	134,8	126,1
Dezembro	123,9	116,9	109,8

Quadro 6 - Valores de chuva.

#### 4.1.4 – Temperatura e Evapotranspiração Potencial

Como resultados da interpolação das normais climatológicas, originaram-se 12 mapas de temperatura do ar da bacia Cachoeira Cinco Veados, um para cada mês do ano (Figura 35).

Os valores máximos, médios e mínimos de temperatura, resultantes da interpolação, encontram-se tabelados no Quadro 7, separadamente por mês e em °C, sendo cada um dos meses representado por um mapa distinto na Figura 35.

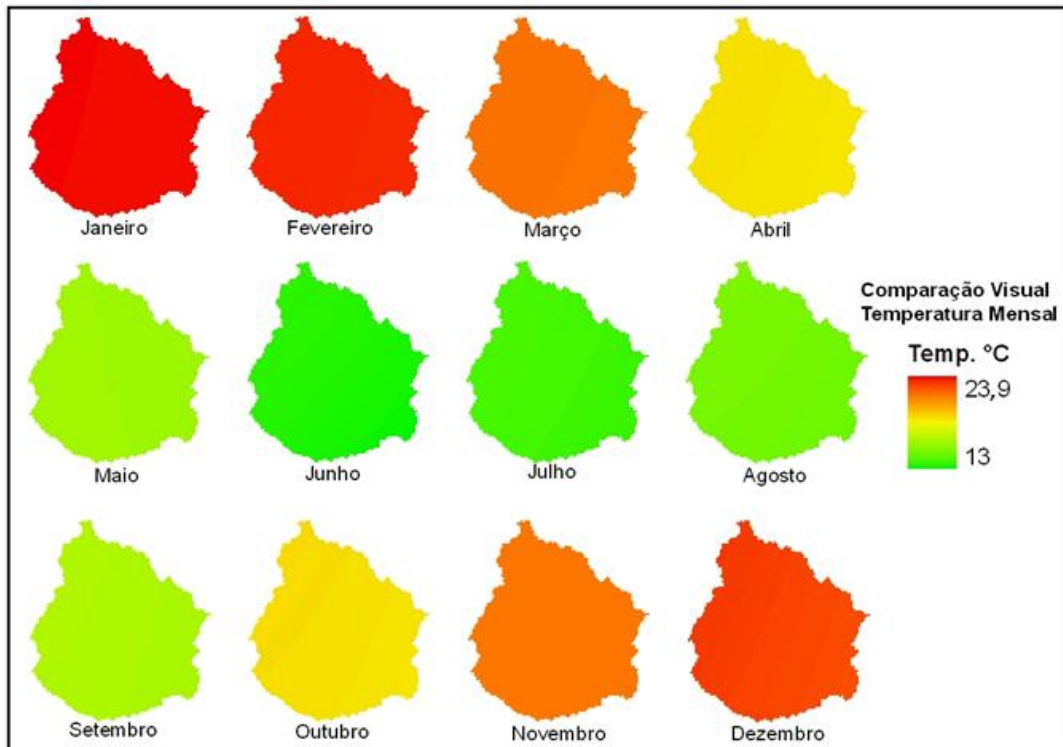


Figura 35 – Comparação visual de temperatura do ar entre os meses do ano.

Temperatura (°C)	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA
Janeiro	23,9	23,8	23,8
Fevereiro	23,6	23,5	23,5
Março	21,9	21,9	21,8
Abril	19,1	18,9	18,8
Maio	16,1	15,9	15,8
Junho	13,4	13,2	13,0
Julho	13,9	13,7	13,6
Agosto	15,1	14,9	14,7
Setembro	16,5	16,4	16,2
Outubro	19,2	19,0	18,8
Novembro	21,7	21,7	21,7
Dezembro	23,2	23,0	22,8

Quadro 7 – Valores de temperatura durante o ano.

Já ao que se refere à estimativa da evapotranspiração potencial ETP na bacia Cachoeira Cinco Veados, foram adotados os valores máximos de temperatura (Quadro 7), para que os valores de ETP fossem os maiores possíveis para a localidade, dando mais confiabilidade ao balanço hídrico e seus resultados.

Com os dados de entrada na planilha eletrônica BHídrico V.3.2 – 2002, como a latitude (-29,25°) e temperatura média (máxima da bacia) do ar por mês, estimaram-se os valores de evapotranspiração potencial máximo para cada mês (Figura 36).

**Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.**

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b>		<b>BHídrico GD V.3.2 - 2002</b>					
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados			<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948				
<b>Latitude</b>	-29,25			<b>Altitude</b>				<b>CAD</b>	
<b>Anemômetro</b>				<b>Período</b>	1983 - 2001			<b>Bordadura</b>	

Tempo	Tmáx.	Tmín.	Tméd.	UR	Evaporação	Prec.	Insolação	Vento	Porcentagem de luz solar (p).
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Jan			23,9						
Fev			23,6						
Mar			21,9						
Abr			19,1						
Mai			16,1						
Jun			13,4						
Jul			13,9						
Ago			15,1						
Set			16,5						
Out			19,2						
Nov			21,7						
Dez			23,2						
<b>Média</b>			19,0			#DIV/0!			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-

Tempo	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	Prova Real
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Jan	127,8	-127,8	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	127,8	0,0	#DIV/0!	ETP=ETR-DEF
Fev	107,4	-107,4	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	107,4	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!
Mar	96,5	-96,5	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	96,5	0,0	#DIV/0!	
Abr	66,1	-66,1	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	66,1	0,0	#DIV/0!	P=ETR-EXC
Mai	45,5	-45,5	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	45,5	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!
Jun	29,3	-29,3	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	29,3	0,0	#DIV/0!	
Jul	33,1	-33,1	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	33,1	0,0	#DIV/0!	P=ETP-(P-ETP)
Ago	41,3	-41,3	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	41,3	0,0	#DIV/0!	0,0
Set	51,3	-51,3	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	51,3	0,0	#DIV/0!	
Out	76,8	-76,8	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	76,8	0,0	#DIV/0!	Σ ALT
Nov	100,4	-100,4	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!	100,4	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!
Dez	121,8	-121,8	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
<b>Média</b>	74,8	-74,8	#DIV/0!	-	-	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	P-ETP=EXC-DEF
<b>Total/Ano</b>	897,3	-897,3	#DIV/0!	-	-	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Figura 36 – Estimativa de evapotranspiração potencial.

Obs. Os valores de erro se devem a ausência dos dados de chuva de cada mês e foram aqui preservados de forma a evidenciar primeiramente apenas a estimativa da evapotranspiração potencial, sendo essa independente dos outros fatores tabelados conforme o método de Thornthwaite (1948).

#### 4.1.5 – Balanço Hídrico

A Figura 37 apresenta os resultados dos valores referentes ao balanço hídrico climatológico da bacia Cachoeira Cinco Veados. A Figura 38 apresenta estes dados em forma de gráfico.

**Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.**

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002		<b>Método</b> <b>Thornthwaite, 1948</b>	
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados	<b>Altitude</b>		<b>CAD</b>	20
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Período</b>	1983 - 2001	<b>Bordadura</b>	
<b>Anemômetro</b>					

Tempo Meses	Tmáx. °C	Tmín. °C	Tméd. °C	UR %	Evaporaçãc mm	Prec. mm	insolaçãc horas	Vento m/s	Porcentagem de luz solar (p).
Jan			23,9			151,8			
Fev			23,6			151,0			
Mar			21,9			129,5			
Abr			19,1			184,7			
Mai			16,1			149,0			
Jun			13,4			142,9			
Jul			13,9			170,3			
Ago			15,1			91,4			
Set			16,5			170,4			
Out			19,2			158,0			
Nov			21,7			126,1			
Dez			23,2			109,8			
<b>Média</b>			19,0			144,6			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-		1734,9		-	-

Tempo Meses	ETP mm	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm	Prova Real
Jan	127,8	24,0	0,0	20,0	9,0	127,8	0,0	15,0	ETP=ETR-DEF
Fev	107,4	43,6	0,0	20,0	0,0	107,4	0,0	43,6	<b>897,3</b>
Mar	96,5	33,0	0,0	20,0	0,0	96,5	0,0	33,0	
Abr	66,1	118,6	0,0	20,0	0,0	66,1	0,0	118,6	P=ETR-EXC
Mai	45,5	103,5	0,0	20,0	0,0	45,5	0,0	103,5	<b>1734,9</b>
Jun	29,3	113,6	0,0	20,0	0,0	29,3	0,0	113,6	
Jul	33,1	137,2	0,0	20,0	0,0	33,1	0,0	137,2	P=ETP-(P-ETP)
Ago	41,3	50,1	0,0	20,0	0,0	41,3	0,0	50,1	<b>1734,9</b>
Set	51,3	119,1	0,0	20,0	0,0	51,3	0,0	119,1	
Out	76,8	81,2	0,0	20,0	0,0	76,8	0,0	81,2	Σ ALT
Nov	100,4	25,7	0,0	20,0	0,0	100,4	0,0	25,7	<b>0,0</b>
Dez	121,8	-12,0	-12,0	11,0	-9,0	118,8	3,0	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,8	-1,0	-	-	74,5	0,3	70,1	P-ETP=EXC-DEF
<b>Total/Ano</b>	897,3	837,6	-12,0	-	-	894,3	3,0	840,6	<b>837,6</b>

Figura 37 - Valores resultantes do balanço hídrico climatológico da bacia Cachoeira Cinco Veados.



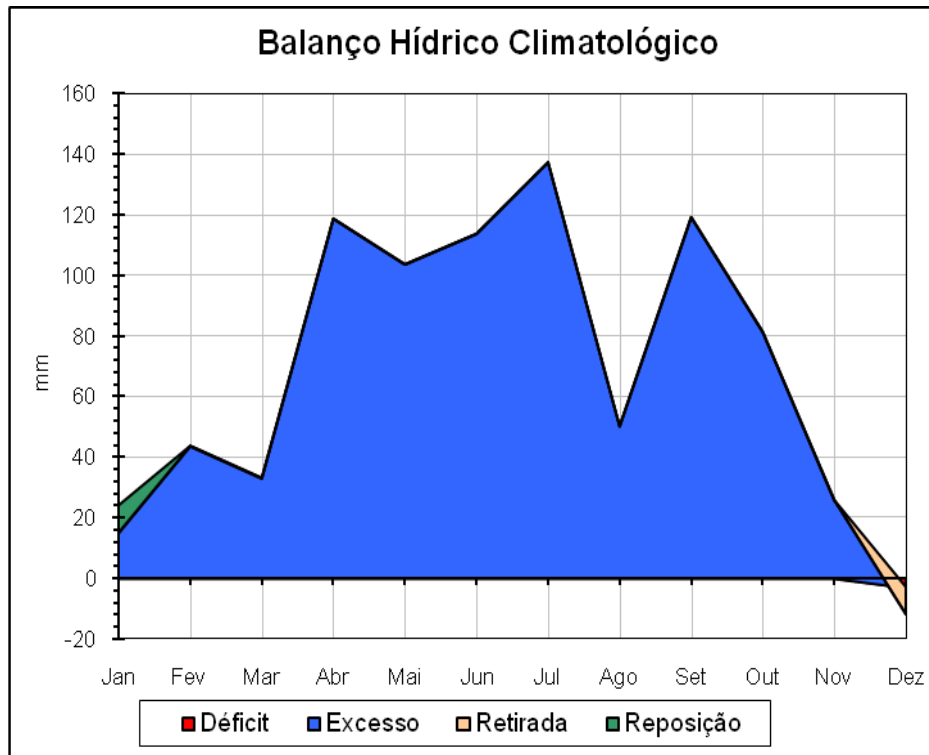


Figura 38 – Gráfico do balanço hídrico climatológico da bacia Cachoeira Cinco Veados para uma CAD de 20 mm.

Utilizaram-se, como valores de chuva para o mês de dezembro, os valores das quatro estações que originaram os polígonos de Thiessen e se encontram no Quadro 8. A Figura 39 apresenta o balanço hídrico para o mês de dezembro e CAD 20 mm para a estação Tupanciretã.

Código Estação	Código Bacia	Código Sub Bacia	Código Municipio	Nome da Estação	Chuva (mm) Dezembro
2854013	7	76	24222000	SÃO BERNARDO	127,1
2953017	8	85	24169000	SANTA MARIA	139,3
2953030	7	75	24222000	TUPANCIRETA	117,4
2954019	7	76	24111000	QUEVEDOS	111,1

Quadro 8 - Estações que originaram os polígonos de Thiessen e seus valores de chuva.

**Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.**

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b>		<b>BHídrico GD V.3.2 - 2002</b>					
Localidade	Cach. Cinco Veados		Método	Thornthwaite, 1948					
Latitude	-29,25		Altitude			CAD	20		
Anemômetro			Período	1983 - 2001		Bordadura			
Tempo	Tmáx.	Tmín.	Tméd.	UR	Evaporação	Prec.	Insolação	Vento	Porcentagem de luz solar (p).
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			117,4			
Média			19,0			145,2			
Total/Ano	-	-	-	-		1742,5		-	-
Tempo	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	Prova Real
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-4,4	-4,3	16,1	-3,9	121,3	0,5	0,0	
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,7	0,0	70,5	P-ETP=EXC-DEF
Total/Ano	897,3	845,2	-4,3	-	-	896,8	0,5	845,7	<b>845,2</b>

Figura 39 - Balanço hídrico para dezembro e CAD 20 mm (Tupanciretã).

As outras tabelas, resultantes de cada valor de CAD para cada um dos quatro polígonos de Thiessen, encontram-se no Anexo I.

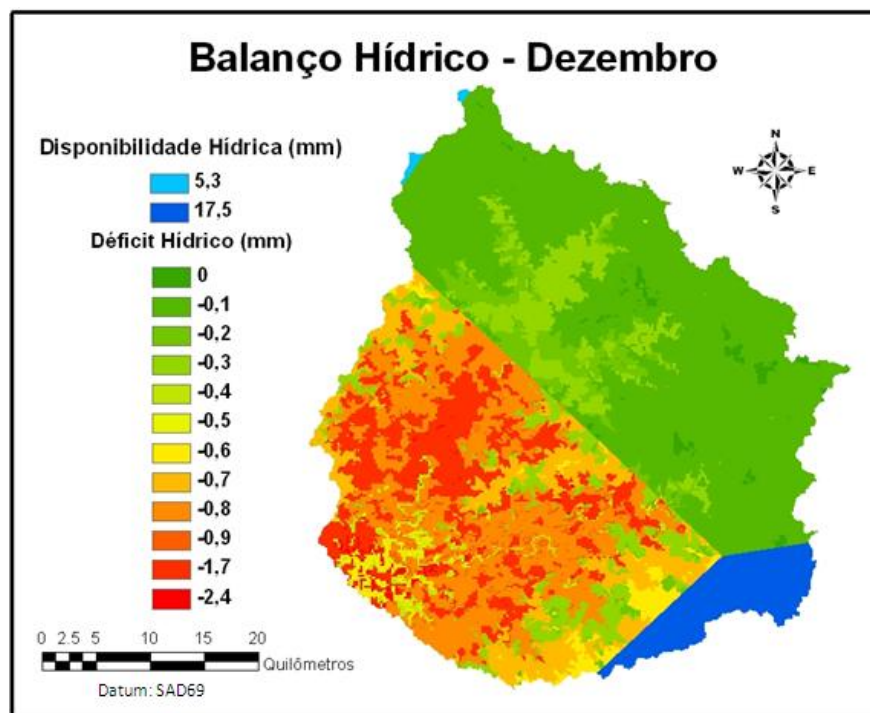


Figura 40 – Balanço hídrico no mês de dezembro.

Para o mapeamento do balanço hídrico climatológico da bacia Cachoeira Cinco Veados no mês de dezembro, reclassificou-se o raster de CAD para o verão subdividido nos quatro polígonos de Thiessen, cada um com suas respectivas disponibilidades ou déficits hídricos (Figura 40). As áreas urbanas foram desconsideradas.

## **4.2 – Discussão**

### **4.2.1 – Mapa de Solos**

O mapa de solos do Rio Grande do Sul de BRASIL (1973) *apud* Streck *et al.*(2008) apresenta uma escala muito pequena para se trabalhar com as regionalizações de seus solos em uma escala maior. Identificou-se que a Unidade de Mapeamento Tuia não se encontra na bacia Cachoeira Cinco Veados, como apresentado na Figura 15, e ultrapassa os limites topográficos desta bacia, o que, provavelmente, se deve à generalização cartográfica junto aos divisores de água.

A observação da toposequência e da paisagem se mostrou uma boa ferramenta e de baixo custo para a aferição do mapa de solos, uma vez que, para o nível de detalhamento aqui proposto, necessitou-se apenas de um dia de saída a campo para se alcançar os objetivos desejados. Vale ressaltar que o uso de câmera digital deve proporcionar imagens de boa resolução para facilitar as análises em escritório e vários pontos devem ser levantados, para se reduzir as incertezas dos tipos de solo.

A visualização de perfis de solos expostos em cortes de estrada ao longo da bacia se torna uma ferramenta adequada quando se tem uma boa rede viária e cortes de estrada bem conservados, não só sobre os seus divisores de água, mas também no interior da bacia, ao longo das diversas paisagens e em diversas altitudes.

Quanto mais profundos os cortes, melhor é a sua identificação e quanto maior a quantidade de pontos observados de perfil de solo, mais fácil se torna sua identificação na bacia como um todo, promovendo uma maior oportunidade de seleção de imagens para o trabalho de identificação.

#### **4.2.2 – Mapas das Capacidades de Água Disponível**

A CAD diferenciou-se entre os dois períodos aqui separados. Isso se deu devido à simulação de dois diferentes cultivos, a soja no período quente, aqui chamado verão, e o trigo no período frio, aqui chamado inverno. Esta diferenciação se deu principalmente por ambas as culturas apresentarem diferenciação ao que tange aos seus sistemas radiculares.

A soja foi classificada como cultura possuidora de raízes superficiais como o espinafre, a ervilha, o feijão, a beterraba e a cenoura. Já o trigo foi classificado como cultura de raízes moderadamente profundas, como é o caso do milho, do algodão, do fumo e dos cereais em geral.

#### **4.2.3 – Mapas de Chuva**

Nota-se que a espacialização dos dados de chuva demonstra gradientes de precipitação ao longo da bacia. Os meses comportam-se diferentemente com relação aos regimes de chuva durante o ano, sendo evidente que os meses de agosto e dezembro apresentam os menores valores de chuva e os meses de abril, julho e outubro apresentam os maiores valores de chuva (Quadro 6).

Vale salientar a homogeneidade das chuvas no mês de setembro, que apresentou valores constantes (170,4 mm) para o mês ao longo de toda a extensão da bacia.

#### **4.2.4 – Temperatura e Evapotranspiração Potencial**

Os mapas apresentam gradientes de temperaturas regionalizadas sobre a bacia representando a variação de temperatura em toda sua extensão, chegando a uma diferença máxima de até 0,4°C em alguns meses, como presente no Quadro 7.

Embora esta pequena diferença numérica pareça ser pouco considerável, somando-a aos gradientes regionalizados de chuva e aos diversos fatores climatológicos desta grande área, pode se ter grande impacto na evapotranspiração de algumas culturas e, portanto, em suas produtividades.

Ficou clara a relação da latitude na evapotranspiração estimada pelo modelo utilizado uma vez que os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com valores de 23,2 °C, 23,9 °C e 23,6 °C de temperatura respectivamente chegaram a 121,8 mm, 127,8 mm e 107,4 mm de ETP, de forma não linear, refletindo a influência do ângulo de incidência dos raios solares sobre a região.

#### 4.2.5 – Balanço Hídrico

O único mês que apresentou déficit hídrico foi o mês de dezembro, onde a precipitação foi de 109,8 mm para uma evapotranspiração potencial de 121,8 mm. Devido a isso, direcionou-se a análise do balanço hídrico climatológico da bacia Cachoeira Cinco Veados apenas para este mês, uma vez que mesmo nas condições mais favoráveis ao déficit (alta temperatura, alta evapotranspiração e pouca chuva), ocorreram excessos hídricos nos meses restantes.

Nota-se que no mês de janeiro (Figura 37 e Figura 38) o comportamento do excesso hídrico se deu de forma diferenciada. Em todos os meses de excesso hídrico, o seu valor foi igual ao balanço entre a chuva e a evapotranspiração potencial (P-ETP), com exceção dos meses de dezembro e janeiro.

É relevante se observar que o modelo prevê recargas de armazenamento para as CADs quando há déficit em um mês e excesso no mês próximo, neste caso, o excesso de janeiro terá o abatimento do valor retirado do armazenamento durante o déficit, sendo esta a única situação em que os valores de excesso se tornam diferentes de P-ETP.

Vale ressaltar que o mês de janeiro apresentou um excedente hídrico de apenas 15 mm, podendo ser sensível a anos mais secos. Já o mês de julho, mesmo não apresentando o maior valor de chuva, apresentou o maior excedente hídrico. Isso se deu devido à baixa temperatura mensal de 13,9 °C que, mesmo não sendo a mais baixa do ano, é suficientemente baixa para proporcionar uma baixa taxa de evapotranspiração potencial (33,1 mm) num período chuvoso.

O mapa resultante do balanço hídrico climatológico para o mês de dezembro foi analisado dentro de cada um dos quatro polígonos de Thiessen. Duas das áreas correspondentes aos polígonos de Thiessen, nominados aqui de acordo com os respectivos nomes das estações pluviométricas que os originaram, apresentaram

valores de chuva superiores aos de evapotranspiração potencial e, portanto, tiveram excedentes hídricos, sendo estas a estação São Bernardo e a estação Santa Maria. Já as estações Tupanciretã e Quevedos apresentaram ambas valores menores que a evapotranspiração estimada para o local neste período do ano (121,8 mm), ocasionando portanto um déficit hídrico.

Na área do polígono de Thiessen correspondente a Tupanciretã, nota-se que quanto menor a CAD, maior será o déficit. Para uma CAD de 20 mm, que corresponde à agricultura em neossolos Unidade de Mapeamento Charrua, o valor de déficit foi de 0,5 mm, enquanto que para CADs superiores a 200 mm (campos e florestas sobre argissolo ou latossolo), não se apresentaram nem valores de déficit e nem de excesso hídrico.

O mesmo padrão de comportamento foi diagnosticado na área do polígono de Thiessen correspondente a Quevedos, porém de forma mais acentuada. Esta área mais ao sul da bacia apresenta grandes áreas planas de neossolo raso e uma pequena extensão grandemente declivosa, também sobre neossolo. Aqui o déficit hídrico potencial máximo (P-ETP) chegou a valores de -10,7 mm e todos os locais apresentaram valores de déficit, sendo que para o menor valor de CAD (20mm) o déficit foi de -2,4 mm (Anexo, letra c).

Isto ocorreu pois o modelo de balanço hídrico climatológico utilizado pelo BHídrico V.3.2 – 2002 estima a evapotranspiração real em situações de déficit. No mês de dezembro, no polígono de Tupanciretã, mesmo o déficit hídrico máximo sendo de -4,4 mm (P-ETP), o déficit considerado foi ainda menor, sendo de -0,5 mm para uma CAD de 20 mm e -0,3 mm para uma CAD de 30 mm. Isso se deu devido a esta estimativa do modelo da evapotranspiração real, simulando a situação em que as plantas, ao depararem-se com uma situação de déficit hídrico, fecham seus estômatos e impedem a saída de água (evapotranspiração).

Em ambas as outras duas áreas, Santa Maria e São Bernardo, não houve déficit e sim excesso hídrico. São Bernardo representa uma pequena porção mais a norte da bacia e corresponde apenas a um CAD de 100 mm (agricultura em latossolo) e apresentou um excedente hídrico de 5,3 mm. Já Santa Maria possui valores de CAD que vão de 75 mm a 250 mm e apresentou um excedente hídrico de 17,5 mm em toda sua extensão.

Verificou-se que, uma vez que há excesso hídrico em uma determinada região, este excedente não varia em relação a CAD e, sim, apenas no balanço entre

chuva e evapotranspiração potencial, sem ser necessária uma estimativa de evapotranspiração real, pois neste caso, ambas se equivalem.

Já para os valores de CAD superiores a 200 mm (campos e florestas sobre argissolo ou latossolo) que não apresentaram valores de déficit e nem de excesso hídrico, verificou-se que isso se dá devido ao maior potencial de armazenamento de água no solo proporcionado pelas próprias estruturas vegetais e pela maior profundidade do sistema radicular. O modelo prevê para estas situações que a evapotranspiração real fica muito próxima a potencial, porém sem promover perdas hídricas por excesso.

## 5 – CONCLUSÕES

Devido à constatação de que a Unidade de Mapeamento Tuia não se encontra na bacia Cachoeira Cinco Veados, como apresentado na Figura 15, e ultrapassa os limites topográficos desta bacia, a utilização do mapa de solos do Rio Grande do Sul de BRASIL (1973) *apud* Streck *et al.*(2008) deve ser supervisionada e corrigida para escalas maiores.

A observação da toposequência e da paisagem mostram-se boas ferramentas e de baixo custo para a aferição do mapa de solos de BRASIL (1973) *apud* Streck *et al.*(2008) e a migração de escala para o nível de detalhamento proposto neste trabalho, bem como a visualização de perfis de solos expostos em cortes de estrada ao longo da bacia.

O Mapa Final de Solos da bacia Cachoeira Cinco Veados, gerado no trabalho, discrimina e regionaliza os diferentes solos da bacia, reduzindo incertezas e permitindo seu uso em análises, estudos e pesquisas que relacionem as características identificáveis entre estas diferentes ordens de solo mapeadas, possibilitando auxiliar em estudos que relacionem solo e parâmetros hidrológicos e em estudos envolvidos ao manejo de bacias hidrográficas, como o de fragilidade ambiental, favorabilidade e zoneamento, em bacias de tamanho médio.

No que se refere à capacidade de água disponível no solo da bacia (CAD), os mapas gerados regionalizam os diferentes potenciais de armazenamento de água disponível às plantas em mm, demonstrando as áreas onde as culturas ali presentes possuem maior potencial de buscar águas a maiores profundidades, em caso de estresse hídrico causado por déficit.

Em relação ao estudo do regime de chuvas na bacia Cachoeira Cinco Veados, a utilização dos métodos aqui empregados se mostra muito eficiente para o propósito de espacialização dos dados de chuva para a bacia, proporcionando clara diferenciação entre os meses, evidenciando os meses de menores ou maiores valores de chuva, bem como os de homogeneidade espacial das chuvas ao longo de toda a extensão da bacia.

Na caracterização da bacia quanto à temperatura do ar e à evapotranspiração potencial ao longo do ano, os mapas resultantes de temperatura se mostram capazes de espacializar as temperaturas em toda a extensão da bacia de forma a



identificar a temperatura em cada região, identificando claramente as diferenças em cada um dos meses. O modelo se mostra adequado para a estimativa da evapotranspiração potencial da bacia Cachoeira Cinco Veados, trabalhando de forma simples e objetiva na geração e apresentação dos dados.

Através do estudo do balanço hídrico climatológico da bacia, conclui-se que todos os meses apresentam disponibilidade hídrica para a bacia Cachoeira Cinco Veados, com exceção do mês de dezembro. Também se conclui que durante todo o ano hidrológico, a evapotranspiração potencial não supera a precipitação mínima da bacia e se tem as condições hídricas necessárias ao desenvolvimento das plantas, com apenas a exceção do mês de dezembro. Devido a isso, direcionou-se uma análise mais específica do balanço hídrico climatológico deste mês.

A evapotranspiração promove todo o movimento da água dentro da planta. É a saída de água pelo estômato que promove a entrada de água pelo sistema radicular, trazendo os nutrientes necessários para o desenvolvimento vegetal. Pode-se então concluir que estas áreas de déficit hídrico apresentam maior possibilidade de apresentarem, no mês de dezembro, uma menor produção vegetal, uma vez que a planta atinge seu máximo crescimento quando as situações hídricas são as ideais e promovem altas taxas de evapotranspiração (potencial = real).

Podem-se constatar, através destes resultados, que, o modelo refletiu as situações de déficit hídrico em culturas vegetais que apresentam sistemas radiculares mais superficiais e que respondem mais sensivelmente a esta falta de água no solo. O mesmo ocorreu para plantas de sistema radicular mais desenvolvido que tendem a sofrer menos influência em períodos de seca ou até mesmo, responderem mais tardiamente.

Na porção da bacia referente ao polígono de Thiessen correspondente a Quevedos, as culturas estão mais suscetíveis às conseqüências causadas pelo déficit hídrico. Mesmo as espécies vegetais de raízes mais desenvolvidas apresentaram valores mínimos de déficit de -0,1 mm, o que já demonstra estresse e possivelmente uma menor produção de biomassa neste mês. Não é possível estimar neste trabalho se a influencia deste déficit de -0,1 mm é muito ou pouco impactante, porém em anos secos, certamente esta porção da bacia apresentará valores de déficit maiores.

Considerando as várias características da área, como bioma, solo, clima e usos do solo em conjunto com todos os dados aqui simulados e estimados, conclui-

se que o uso do balanço hídrico climatológico demonstra-se uma boa ferramenta no auxílio a tomadas de decisão para o manejo de bacias hidrográficas, demonstrando áreas onde há possível carência hídrica, tornando clara a necessidade de se analisar cada bacia diferentemente e se tendo o cuidado técnico na utilização de métodos generalistas de manejo de bacias hidrográficas.

## 6 – RECOMENDAÇÕES

Para um detalhamento satisfatório dos solos como aqui proposto, se torna fundamental a presença de uma boa rede viária e cortes de estrada bem visíveis e preferencialmente conservados, não só sobre os seus divisores de água, mas também no interior da bacia, ao longo das diversas paisagens e em diversas altitudes. Recomenda-se câmara digital de alta resolução para se aumentar a confiabilidade das análises em escritório.

Já que onze dos doze meses do ano apresentaram excesso hídrico e que mesmo no mês de déficit algumas áreas apresentam excesso, e que as partes mais próximas aos divisores de água são as regiões menos suscetíveis ao déficit hídrico e ainda considerando que o bioma característico do local é o Pampa, torna-se desnecessária uma coroa de proteção de nascentes.

Considerando o manejo de bacias de cabeceiras, e focando principalmente a produção de água, esta metodologia poder ser recomendada se, ao invés de floresta (não característica do local), forem restauradas áreas de campo nativo, que agora em sua maioria estão ocupadas por agricultura, uma vez que áreas de campo nos latossolos apresentaram um armazenamento potencial CAD de até 250 mm, enquanto que a agricultura nestes locais armazena um máximo de 100 mm, o que é menos da metade.

Fica evidente a necessidade de se preservarem as áreas florestadas próximas ao exutório da bacia, onde há presença de relevo acentuado e baixa capacidade de retenção de água, expressada pelos baixos valores de CAD e pouca profundidade dos solos. Referindo-se a isso, recomenda-se uma análise mais restrita aos meses que geram os maiores excessos hídricos para se avaliar neste balanço entre precipitação e evapotranspiração, que melhores manejos poderiam ser implantados na bacia, evitando-se assim prováveis problemas gerados por esse excesso, como enxurradas, erosões, etc.

Deve-se evitar culturas que necessitam de grande demanda de água no mês de dezembro, uma vez que este foi o único mês que apresentou déficit. Já o mês de setembro mostrou-se ser o mês de melhor distribuição hídrica em toda a bacia, tendo um valor de chuva constante para toda a extensão da mesma. Este fato pode

sugerir uma vocação local para culturas que precisem desta uniformidade durante este período (fim do inverno e início da primavera).

Sugere-se uma análise estatística da probabilidade de chuvas no mês de dezembro, já que este foi o mais crítico do balanço. Esta análise pode mostrar se as regiões que apresentaram déficit terão ou não esta pré-disposição, pois neste trabalho foram analisados os valores mínimos possíveis de chuva e, se for considerado o valor máximo de chuva para dezembro, este cenário de déficit hídrico não ocorreria. Previsões sobre períodos com influência de *El Niño* ou *La Niña* podem ser considerados nestes estudos.

Recomenda-se, por fim, que esta ferramenta possa ser otimizada pelo cálculo de balanço hídrico climatológico eletronicamente *pixel a pixel*, através de algoritmos que permitam a interligação dos fatores neste trabalho apresentados e gerem os mapas para cada um dos meses.

## 7 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AFUBRA – Associação dos Fumicultores do Brasil. **A Floresta e a Água**. 2 ed., Santa Cruz do Sul: AFUBRA, s.d.. 76 p. Disponível em: [http://www.afubra.com.br/download/serie\\_ecologia/livro2\\_br.pdf](http://www.afubra.com.br/download/serie_ecologia/livro2_br.pdf). Acesso em: 13 jun. 2010.

ANA - Agência Nacional de Águas – Hidroweb. **Séries Históricas**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>. Acesso em: maio e jun. 2011.

ASSAD, E.D. & SANO, E.E. **Sistema de aplicações geográficas. Aplicações na agricultura**. 2 ed., Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa – CPAC, 1998. 434 p.

BARBOSA, J.P.M. Utilização de Método de Interpolação para Análise e Espacialização de Dados Climáticos: O SIG Como Ferramenta. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.9, n.17, 2006. p. 85 – 96. Revista online. Disponível em: [www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/include/getdoc.php?id=124...33...](http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/include/getdoc.php?id=124...33...) Acesso em: 25 jul. 2011.

CALHEIROS, R.O. **Preservação e Recuperação das Nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ – CTRN, 2004. 53 p. Disponível em: <http://saf.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/CartilhaNascentes.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2010.

D'ANGIOLELLA, G. & VASCONCELLOS, V.L.D. Planilha eletrônica para cálculo do balanço hídrico climatológico normal utilizando diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 375-378, 2003.

D'ANGIOLELLA, G. VASCONCELLOS, V.L.D.; ROSA, J.W.C. Estimativa e espacialização do balanço hídrico na mesorregião sul da Bahia. **In: Anais. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 83-90.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Normais Climatológicas (1961 – 1990)**. Pelotas: CPACT\Embrapa, 1992. Disponível em [http://www.cpact.embrapa.br/agromet/tab/temp\\_media\\_RS.pdf](http://www.cpact.embrapa.br/agromet/tab/temp_media_RS.pdf). Acesso em: 25 jul. 2011.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. **Mapa de Classificação dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul quanto à Resistência a Impactos Ambientais**. Porto Alegre: FEPAM. 13 p. (n.publ.) Relatório final de consultoria elaborado por Nestor Kampf. Mapa em meio digital. 2001.

HEATH, R.C. **Basic Ground-Water Hydrology**. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220. Reston, Virginia: 1983. 86 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Digital Municipal do Estado do Rio Grande do Sul**. 2007. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas\\_digitais/municipio\\_2007/Malha\\_Municipal\\_Digital\\_2007\\_2500/Disseminacao\\_2007/Proj\\_Geografica/SAD\\_69/ArcView\\_Shp/2007/E2500/UF/RS/43mu2500gsd.shp](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2007/Malha_Municipal_Digital_2007_2500/Disseminacao_2007/Proj_Geografica/SAD_69/ArcView_Shp/2007/E2500/UF/RS/43mu2500gsd.shp). Acesso em: maio 2011.

MELLO, C.R., LIMA, J.M., SILVA, A.M., MELLO, J. M., OLIVEIRA, M. S. Krigagem e Inverso do Quadrado da Distância para Interpolação dos Parâmetros da Equação de Chuvas Intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.27, p. 925-933, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n5/v27n5a17.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2011.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Cartas de vegetação PROBIO (MMA)**. Brasília: PROBIO/MMA, 2007. (mapa digital). Disponível em <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>. Acesso em 05 maio 2008.

OLIVEIRA, L.F.C. de & FIOREZE, A.P. Estimativas de vazões mínimas mediante dados pluviométricos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, **v.15**, n.1, p.9–15, 2011. Disponível em <http://www.agriambi.com.br>. Acesso em: 25 jul. 2011.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002, 478p.

PEREIRA, A.R. Simplificando o Balanço Hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, Campinas, **v.64**, n.2, p.311-313, 2005.

PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher/FNME, 1976. 278 p.

ROCHA, J.S.M.; KURTZ, S.M.J.M.; CARPES, C.M. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. 4 ed., Santa Maria: Edição do autor/Gráfica Camobi, 2009. 284 p.

ROSSATO, L. **Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil**. São José dos Campos: INPE, 2001. 145p. (INPE-8915-TDI/809).

SCHNEIDER, P.R. & FINGER, C.A.G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas**. Santa Maria: UFSM, 2000. 195 p.

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Bases dos Estudos de Fauna, Flora e Recursos Hídricos**. 3 vol. Porto Alegre: SEMA, 2010. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/silvicultura/BasesEstudos\\_Fauna\\_Flora\\_RH.zip](http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/silvicultura/BasesEstudos_Fauna_Flora_RH.zip) Acesso em: 17 jun. 2011.

STRECK, E.V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed., Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v.38, p.55-94, 1948.

TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed., Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 943 p.

UFSM – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Metodologia para Iniciar a Implantação de Outorga em Bacias Carentes de Dados de Disponibilidade e Demanda – IOGA – Bacia do Rio Ibicuí**. 1 vol. Relatório Técnico Final. Convênio FINEP/CT-Hidro/FATEC/HDS-UFSM. Santa Maria: UFSM, 2005. 127 p.

VALENTE, O.F. & GOMES, M.A. **Conservação de Nascentes: Hidrologia e Manejo de Bacias de Cabeceiras**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 210p.

VILLELA, S.M. & MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.



## ANEXO

a) Tabelas de balanço hídrico climatológico para o mês de dezembro e diferentes valores de CAD - Tupanciretã.

Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

Instruções		Gustavo D'Angiolella BHídrico GD V.3.2 - 2002							
Localidade	Cach. Cinco Veados			Método		Thornthwaite, 1948			
Latitude	-29,25		Altitude		CAD		20		
Anemômetro			Período		1983 - 2001		Bordadura		
Tempo	Tmáx.	Tmín.	Tméd.	UR	Evaporação	Prec.	Insolação	Vento	Porcentagem de
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	luz solar (p).
Dez			23,2			117,4			
Média			19,0			145,2			
Total/Ano	-	-	-	-		1742,5		-	-
Tempo	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	Prova
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Real
Dez	121,8	-4,4	-4,3	16,1	-3,9	121,3	0,5	0,0	
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,7	0,0	70,5	P-ETP=EXC-DEF
Total/Ano	897,3	845,2	-4,3	-	-	896,8	0,5	845,7	845,2

Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

Instruções		Gustavo D'Angiolella BHídrico GD V.3.2 - 2002							
Localidade	Cach. Cinco Veados			Método		Thornthwaite, 1948			
Latitude	-29,25		Altitude		CAD		30		
Anemômetro			Período				Bordadura		
Tempo	Tmáx.	Tmín.	Tméd.	UR	Evaporação	Prec.	Insolação	Vento	Porcentagem de
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	luz solar (p).
Dez			23,2			117,4			
Média			19,0			145,2			
Total/Ano	-	-	-	-		1742,5		-	-
Tempo	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	Prova
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Real
Dez	121,8	-4,4	-4,4	25,9	-4,1	121,5	0,3	0,0	
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,5	P-ETP=EXC-DEF
Total/Ano	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,0	0,3	845,5	845,2

Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

Instruções		Gustavo D'Angiolella BHídrico GD V.3.2 - 2002							
Localidade	Cach. Cinco Veados			Método		Thornthwaite, 1948			
Latitude	-29,25		Altitude		CAD		60		
Anemômetro			Período				Bordadura		
Tempo	Tmáx.	Tmín.	Tméd.	UR	Evaporação	Prec.	Insolação	Vento	Porcentagem de
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	luz solar (p).
Dez			23,2			117,4			
Média			19,0			145,2			
Total/Ano	-	-	-	-		1742,5		-	-
Tempo	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	Prova
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Real
Dez	121,8	-4,4	-4,4	55,8	-4,2	121,6	0,2	0,0	
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,5	P-ETP=EXC-DEF
Total/Ano	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,1	0,2	845,4	845,2

**Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.**

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002								
Localidade	Cach. Cinco Veados							Método	Thornthwaite, 1948	
Latitude	-29,25							CAD	70	
Anemômetro								Bordadura		
Altitude								Período		
Tempo Meses	Tmáx. °C	Tmín. °C	Tméd. °C	UR %	Evaporação mm	Prec. mm	Insolação horas	Vento m/s	Porcentagem de luz solar (p).	
Dez			23,2			117,4				
Média			19,0			145,2				
Total/Ano	-	-	-	-	-	1742,5	-	-	-	
Tempo Meses	ETP mm	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm	Prova Real	
Dez	121,8	-4,4	-4,4	65,7	-4,3	121,7	0,1	0,0		
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,4	P-ETP=EXC-DEF	
Total/Ano	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,2	0,1	845,3	<b>845,2</b>	

**Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.**

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002								
Localidade	Cach. Cinco Veados							Método	Thornthwaite, 1948	
Latitude	-29,25							CAD	75	
Anemômetro								Bordadura		
Altitude								Período		
Tempo Meses	Tmáx. °C	Tmín. °C	Tméd. °C	UR %	Evaporação mm	Prec. mm	Insolação horas	Vento m/s	Porcentagem de luz solar (p).	
Dez			23,2			117,4				
Média			19,0			145,2				
Total/Ano	-	-	-	-	-	1742,5	-	-	-	
Tempo Meses	ETP mm	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm	Prova Real	
Dez	121,8	-4,4	-4,4	70,7	-4,3	121,7	0,1	0,0		
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,4	P-ETP=EXC-DEF	
Total/Ano	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,2	0,1	845,3	<b>845,2</b>	

**Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.**

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002								
Localidade	Cach. Cinco Veados							Método	Thornthwaite, 1948	
Latitude	-29,25							CAD	100	
Anemômetro								Bordadura		
Altitude								Período		
Tempo Meses	Tmáx. °C	Tmín. °C	Tméd. °C	UR %	Evaporação mm	Prec. mm	Insolação horas	Vento m/s	Porcentagem de luz solar (p).	
Dez			23,2			117,4				
Média			19,0			145,2				
Total/Ano	-	-	-	-	-	1742,5	-	-	-	
Tempo Meses	ETP mm	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm	Prova Real	
Dez	121,8	-4,4	-4,4	95,7	-4,3	121,7	0,1	0,0		
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,4	P-ETP=EXC-DEF	
Total/Ano	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,2	0,1	845,3	<b>845,2</b>	

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
Localidade	Cach. Cinco Veados			Método	Thornthwaite, 1948				
Latitude	-29.25			Altitude	CAD 125				
Anemômetro				Período	Bordadura				
Tempo	Tmáx.	Tmín.	Tméd.	UR	Evaporação	Prec.	Insolação	Vento	Porcentagem de
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	luz solar (p).
Dez			23,2			117,4			
Média			19,0			145,2			
Total/Ano	-	-	-	-		1742,5		-	-
Tempo	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	Prova
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Real
Dez	121,8	-4,4	-4,4	120,7	-4,3	121,7	0,1	0,0	
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,4	P-ETP=EXC-DEF
Total/Ano	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,2	0,1	845,3	845,2

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
Localidade	Cach. Cinco Veados			Método	Thornthwaite, 1948				
Latitude	-29.25			Altitude	CAD 200				
Anemômetro				Período	Bordadura				
Tempo	Tmáx.	Tmín.	Tméd.	UR	Evaporação	Prec.	Insolação	Vento	Porcentagem de
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	luz solar (p).
Dez			23,2			117,4			
Média			19,0			145,2			
Total/Ano	-	-	-	-		1742,5		-	-
Tempo	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	Prova
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Real
Dez	121,8	-4,4	-4,4	195,6	-4,4	121,8	0,0	0,0	
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,4	P-ETP=EXC-DEF
Total/Ano	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,3	0,0	845,2	845,2

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
Localidade	Cach. Cinco Veados			Método	Thornthwaite, 1948				
Latitude	-29.25			Altitude	CAD 250				
Anemômetro				Período	Bordadura				
Tempo	Tmáx.	Tmín.	Tméd.	UR	Evaporação	Prec.	Insolação	Vento	Porcentagem de
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	luz solar (p).
Dez			23,2			117,4			
Média			19,0			145,2			
Total/Ano	-	-	-	-		1742,5		-	-
Tempo	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	Prova
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Real
Dez	121,8	-4,4	-4,4	245,6	-4,4	121,8	0,0	0,0	
Média	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,4	P-ETP=EXC-DEF
Total/Ano	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,3	0,0	845,2	845,2

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados	<b>Método</b>						<b>Thornthwaite, 1948</b>	
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Altitude</b>						CAD 350	
<b>Anemômetro</b>		<b>Período</b>						Bordadura	
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			117,4			
<b>Média</b>			19,0			145,2			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-		1742,5		-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-4,4	-4,4	345,6	-4,4	121,8	0,0	0,0	
<b>Média</b>	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,4	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,3	0,0	845,2	<b>845,2</b>

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados	<b>Método</b>						<b>Thornthwaite, 1948</b>	
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Altitude</b>						CAD 400	
<b>Anemômetro</b>		<b>Período</b>						Bordadura	
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			117,4			
<b>Média</b>			19,0			145,2			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-		1742,5		-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-4,4	-4,4	395,6	-4,4	121,8	0,0	0,0	
<b>Média</b>	74,8	70,4	-0,4	-	-	74,8	0,0	70,4	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	845,2	-4,4	-	-	897,3	0,0	845,2	<b>845,2</b>

b) Tabelas de balanço hídrico climatológico para o mês de dezembro e diferentes valores de CAD – São Bernardo.

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados	<b>Método</b>						<b>Thornthwaite, 1948</b>	
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Altitude</b>						CAD 100	
<b>Anemômetro</b>		<b>Período</b>						Bordadura	
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			127,1			
<b>Média</b>			19,0			146,0			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-		1752,2		-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	5,3	0,0	100,0	0,0	121,8	0,0	5,3	
<b>Média</b>	74,8	71,2	0,0	-	-	74,8	0,0	71,2	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	854,9	0,0	-	-	897,3	0,0	854,9	<b>854,9</b>

c) Tabelas de balanço hídrico climatológico para o mês de dezembro e diferentes valores de CAD – Quevedos.

Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados						<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948	
<b>Latitude</b>	-29.25		<b>Altitude</b>				<b>CAD</b>	20	
<b>Anemômetro</b>			<b>Período</b>				<b>Bordadura</b>		
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmin.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1736,2	-	-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	11,7	-8,3	119,4	2,4	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,6	0,2	70,1	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	894,9	2,4	841,3	<b>838,9</b>

Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados						<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948	
<b>Latitude</b>	-29.25		<b>Altitude</b>				<b>CAD</b>	30	
<b>Anemômetro</b>			<b>Período</b>				<b>Bordadura</b>		
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmin.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1736,2	-	-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	21,0	-9,0	120,1	1,7	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,6	0,1	70,1	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	895,6	1,7	840,6	<b>838,9</b>

Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados						<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948	
<b>Latitude</b>	-29.25		<b>Altitude</b>				<b>CAD</b>	60	
<b>Anemômetro</b>			<b>Período</b>				<b>Bordadura</b>		
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmin.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1736,2	-	-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	50,2	-9,8	120,9	0,9	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,7	0,1	70,0	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	896,4	0,9	839,8	<b>838,9</b>

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados					<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948		
<b>Latitude</b>	-29,25		<b>Altitude</b>			<b>CAD</b>	70		
<b>Anemômetro</b>			<b>Período</b>			<b>Bordadura</b>			
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-		1736,2		-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	60,1	-9,9	121,0	0,8	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,7	0,1	70,0	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	896,5	0,8	839,7	<b>838,9</b>

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados					<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948		
<b>Latitude</b>	-29,25		<b>Altitude</b>			<b>CAD</b>	75		
<b>Anemômetro</b>			<b>Período</b>			<b>Bordadura</b>			
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-		1736,2		-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	65,0	-10,0	121,1	0,7	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,7	0,1	70,0	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	896,6	0,7	839,6	<b>838,9</b>

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados					<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948		
<b>Latitude</b>	-29,25		<b>Altitude</b>			<b>CAD</b>	100		
<b>Anemômetro</b>			<b>Período</b>			<b>Bordadura</b>			
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-		1736,2		-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,6	89,9	-10,1	121,2	0,6	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,7	0,1	70,0	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,6	-	-	896,7	0,6	839,5	<b>838,9</b>

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados	<b>Método</b>						<b>Thornthwaite, 1948</b>	
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Altitude</b>						<b>CAD</b>	125
<b>Anemômetro</b>		<b>Período</b>						<b>Bordadura</b>	
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmin.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1736,2	-	-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	114,7	-10,3	121,4	0,4	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,7	0,0	69,9	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	896,9	0,4	839,3	<b>838,9</b>

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados	<b>Método</b>						<b>Thornthwaite, 1948</b>	
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Altitude</b>						<b>CAD</b>	200
<b>Anemômetro</b>		<b>Período</b>						<b>Bordadura</b>	
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmin.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1736,2	-	-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	189,6	-10,4	121,5	0,3	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,8	0,0	69,9	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	897,0	0,3	839,2	<b>838,9</b>

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados	<b>Método</b>						<b>Thornthwaite, 1948</b>	
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Altitude</b>						<b>CAD</b>	250
<b>Anemômetro</b>		<b>Período</b>						<b>Bordadura</b>	
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmin.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1736,2	-	-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	239,5	-10,5	121,6	0,2	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,8	0,0	69,9	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	897,1	0,2	839,1	<b>838,9</b>

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados							<b>Método</b>	<b>Thornthwaite, 1948</b>
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Altitude</b>				<b>CAD</b>		350	
<b>Anemômetro</b>		<b>Período</b>				<b>Bordadura</b>			
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1736,2	-	-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	339,5	-10,5	121,6	0,2	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,8	0,0	69,9	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	897,1	0,2	839,1	<b>838,9</b>

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados							<b>Método</b>	<b>Thornthwaite, 1948</b>
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Altitude</b>				<b>CAD</b>		400	
<b>Anemômetro</b>		<b>Período</b>				<b>Bordadura</b>			
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			111,1			
<b>Média</b>			19,0			144,7			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1736,2	-	-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	-10,7	-10,7	389,4	-10,6	121,7	0,1	0,0	
<b>Média</b>	74,8	69,9	-0,9	-	-	74,8	0,0	69,9	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	838,9	-10,7	-	-	897,2	0,1	839,0	<b>838,9</b>

d) Tabelas de balanço hídrico climatológico para o mês de dezembro e diferentes valores de CAD – Santa Maria.

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados							<b>Método</b>	<b>Thornthwaite, 1948</b>
<b>Latitude</b>	-29,25	<b>Altitude</b>				<b>CAD</b>		75	
<b>Anemômetro</b>		<b>Período</b>				<b>Bordadura</b>			
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			139,3			
<b>Média</b>			19,0			147,0			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1764,4	-	-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	17,5	0,0	75,0	0,0	121,8	0,0	17,5	
<b>Média</b>	74,8	72,3	0,0	-	-	74,8	0,0	72,3	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	867,1	0,0	-	-	897,3	0,0	867,1	<b>867,1</b>



### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002								
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados							<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948	
<b>Latitude</b>	-29,25							<b>CAD</b>	100	
<b>Anemômetro</b>								<b>Bordadura</b>		
<b>Altitude</b>								<b>Período</b>		
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>	
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s		
Dez			23,2			139,3				
<b>Média</b>			19,0			147,0				
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1764,4	-	-	-	
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>	
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm		
Dez	121,8	17,5	0,0	100,0	0,0	121,8	0,0	17,5		
<b>Média</b>	74,8	72,3	0,0	-	-	74,8	0,0	72,3	P-ETP=EXC-DEF	
<b>Total/Ano</b>	897,3	867,1	0,0	-	-	897,3	0,0	867,1	<b>867,1</b>	

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002								
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados							<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948	
<b>Latitude</b>	-29,25							<b>CAD</b>	125	
<b>Anemômetro</b>								<b>Bordadura</b>		
<b>Altitude</b>								<b>Período</b>		
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>	
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s		
Dez			23,2			139,3				
<b>Média</b>			19,0			147,0				
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1764,4	-	-	-	
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>	
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm		
Dez	121,8	17,5	0,0	125,0	0,0	121,8	0,0	17,5		
<b>Média</b>	74,8	72,3	0,0	-	-	74,8	0,0	72,3	P-ETP=EXC-DEF	
<b>Total/Ano</b>	897,3	867,1	0,0	-	-	897,3	0,0	867,1	<b>867,1</b>	

### Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002								
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados							<b>Método</b>	Thornthwaite, 1948	
<b>Latitude</b>	-29,25							<b>CAD</b>	200	
<b>Anemômetro</b>								<b>Bordadura</b>		
<b>Altitude</b>								<b>Período</b>		
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>	
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s		
Dez			23,2			139,3				
<b>Média</b>			19,0			147,0				
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-	-	1764,4	-	-	-	
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>	
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm		
Dez	121,8	17,5	0,0	200,0	0,0	121,8	0,0	17,5		
<b>Média</b>	74,8	72,3	0,0	-	-	74,8	0,0	72,3	P-ETP=EXC-DEF	
<b>Total/Ano</b>	897,3	867,1	0,0	-	-	897,3	0,0	867,1	<b>867,1</b>	

**Balço Hídrico Climatológico - Thornthwaite & Mather, 1955.**

<b>Instruções</b>		<b>Gustavo D'Angiolella</b> BHídrico GD V.3.2 - 2002							
<b>Localidade</b>	Cach. Cinco Veados						<b>Método</b>	<b>Thornthwaite, 1948</b>	
<b>Latitude</b>	-29,25		<b>Altitude</b>			<b>CAD</b>	250		
<b>Anemômetro</b>			<b>Período</b>			<b>Bordadura</b>			
<b>Tempo</b>	<b>Tmáx.</b>	<b>Tmín.</b>	<b>Tméd.</b>	<b>UR</b>	<b>Evaporação</b>	<b>Prec.</b>	<b>Insolação</b>	<b>Vento</b>	<b>Porcentagem de luz solar (p).</b>
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas	m/s	
Dez			23,2			139,3			
<b>Média</b>			19,0			147,0			
<b>Total/Ano</b>	-	-	-	-		1764,4		-	-
<b>Tempo</b>	<b>ETP</b>	<b>P-ETP</b>	<b>NEG-AC</b>	<b>ARM</b>	<b>ALT</b>	<b>ETR</b>	<b>DEF</b>	<b>EXC</b>	<b>Prova Real</b>
Meses	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	
Dez	121,8	17,5	0,0	250,0	0,0	121,8	0,0	17,5	
<b>Média</b>	74,8	72,3	0,0	-	-	74,8	0,0	72,3	<b>P-ETP=EXC-DEF</b>
<b>Total/Ano</b>	897,3	867,1	0,0	-	-	897,3	0,0	867,1	<b>867,1</b>