

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**HIDROLOGIA COMPARATIVA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS COM EUCALIPTO E CAMPO**

TESE DE DOUTORADO

Jhon Jairo Zuluaga Peláez

Santa Maria, RS, Brasil

2014

HIDROLOGIA COMPARATIVA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM EUCALIPTO E CAMPO

Jhon Jairo Zuluaga Peláez

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. José Miguel Reichert

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
Aprova a Tese de Doutorado

**HIDROLOGIA COMPARATIVA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS
COM EUCALIPTO E CAMPO**

elaborada por
Jhon Jairo Zuluaga Peláez

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Miguel Reichert, PhD.
(Presidente/Orientador)

Jean Paolo Gomes Minella, Dr. (UFSM)

Paulo Ivonir Gubiani, Dr. (UFSM)

Nilvania Mello, Dra. (UTFPR)

Ana Paula Moreira Rovedder, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 24 de janeiro de 2014.

*Dedico esta tesis a mi esposa e hijos,
porque con su ayuda y comprensión permitieron que el camino fuera
menos difícil de recorrer y por ser ellos el más grande motivo de mi
inspiración.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Florestal e Ciência do solo pela oportunidade obtida para a realização deste curso.

Ao professor e orientador José Miguel Reichert, agradeço pela amizade e pela oportunidade que me permitiu fazer meus estudos. Agradeço também pelos conhecimentos e ensinamentos que me foram passados durante a execução deste trabalho.

Ao professor Jean Paolo Minella, pela amizade, orientações e ensinamentos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao professor Federico Dimas Fleig pela co-orientação, amizade e sugestões.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Celulose Riograndense S/A pelo financiamento do projeto e, especialmente, ao Engenheiro Florestal Norton Borges e sua equipe pela colaboração e apoio em todas as atividades contempladas no projeto.

Aos demais professores do departamento de Engenharia Florestal e do Departamento de Solos, pelos ensinamentos.

Aos colegas, amigos e companheiros de trabalho do laboratório de física do solo, agradeço pela amizade e colaboração.

À Corporación Colombiana de Investigación Agropecuária (CORPOICA), por seu apoio e permissão para realizar meus estudos de doutorado no Brasil.

E a todos que sempre contribuíram direta ou indiretamente para que este desafio se fizesse realidade.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

HIDROLOGIA COMPARATIVA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM EUCALIPTO E CAMPO

AUTOR: JOHN JAIRO ZULUAGA PELÁEZ

ORIENTADOR: JOSÉ MIGUEL REICHERT

Local e data de defesa: Santa Maria, 24 de janeiro de 2014.

O eucalipto, pelo seu rápido crescimento, é uma das espécies florestais que estão em expansão no estado de Rio Grande do Sul. Atualmente, áreas cobertas com pastagens estão sendo substituídas por plantações com eucalipto. Essa mudança de cobertura provoca alterações físico-hídricas nos lugares onde são estabelecidas. Nesse sentido avaliou-se a influência da cobertura vegetal do solo sobre os processos hidrossedimentológicos e o comportamento do balanço hídrico, visando a descrição dos processos hidrológicos de precipitação, interceptação vegetal, conteúdo de água no solo, evapotranspiração, drenagem e deflúvio em duas bacias, uma ocupada com plantio de *Eucalypto saligna* de sete anos de idade (BE) e outra com campo de pastagem e produção pecuária (BC), situadas no município de São Gabriel – RS. O estudo foi realizado entre agosto de 2012 a setembro de 2013 no Horto Florestal Ponta das Canas, de propriedade da empresa Celulose Riograndense e na Fazenda Alvorada, de propriedade particular. Nas bacias foram instalados pluviômetros e equipamentos para monitorar as variáveis hidrológicas e os processos hidrossedimentológicos e foi feita também a modelagem com o modelo LISEM para simular o escoamento superficial e a concentração de sedimentos durante eventos de chuva. Igualmente, na BE foram instalados diferentes tipos de pluviômetros para estudar a partição da chuva. Os dados meteorológicos foram coletados da torre instalada na bacia com eucalipto e os hidrossedimentológicos foram coletados por sensores instalados em cada um dos vertedores das bacias. Também foi feita amostragem de solos com estrutura preservada e não preservada, nas camadas 0-20cm e 20-40cm de profundidade, para determinar a textura, porosidade, densidade do solo, condutividade hidráulica saturada, curva de retenção e estabilidade de agregados. Os resultados da distribuição da chuva no plantio de eucalipto apresentaram uma precipitação efetiva de 1657 mm, precipitação interna de 1576 mm, escoamento pelo tronco de 113 mm, interceptação pela serrapilheira de 32 mm e interceptação pelo dossel de 254 mm, correspondendo a 86,7%, 82,5%, 5,9%, 1,7% e 13,3% da precipitação total (1911 mm), respectivamente. No balanço hídrico a BE apresentou evapotranspiração de 779 mm, vazão de 195 mm, drenagem profunda de 592 mm e armazenamento de 70 mm, já a BC apresentou evapotranspiração de 567 mm,

vazão de 543 mm, drenagem profunda de 481 mm e armazenamento de 51 mm. Esses resultados demonstram que na BE a interceptação e evapotranspiração são maiores e causam uma diminuição no escoamento superficial, o que reduz os picos de vazão e produção de sedimentos, mas diminui a oferta de água para consumo na região. Já a BC apresentou maior disponibilidade de água, mas os picos de vazão e produção de sedimentos foram maiores durante o tempo avaliado. A modelagem com o programa LISEM mostrou que, na BE os resultados da calibração do escoamento superficial foram aceitáveis para os três eventos simulados e na BC, dois foram aceitáveis e um não satisfatório. Para os sedimentogramas, não houve resultados satisfatórios nas duas bacias.

Palavras-chave: Balanço hídrico, interceptação, pastagem, propriedades físicas, processos hidrossedimentológicos.

ABSTRACT

Doctorate Thesis
Post-Graduate Program in Forest Engineering
Federal University of Santa Maria

HYDROLOGY COMPARATIVE IN BASINS WITH EUCALYPTUS AND PASTURES

AUTHOR: JHON JAIRO ZULUAGA PELÁEZ
ADVISER: JOSÉ MIGUEL REICHERT

Date and Place of the Defense: Santa Maria, 24 January 2014.

The eucalyptus for its fast growth is one of the forestal species that are in expansion in the state of Rio Grande do Sul, currently those pastures covered areas are being replaced for eucalyptus plantations. This change in the coverage produces physical hydraulic alterations in the places where are established. In this regard, was evaluated the vegetal coverage influence on the soil under hydrosedimentological processes and water balance, aiming a description of the hydrologic processes of precipitation, vegetal interception, water content in the soil, evapotranspiration, drainage and runoff in two basins, one with seven year old *Eucalyptus saligna* plantation (BE) and the other one with pasture and livestock production (BC), located in the city of São Gabriel- RS. The study was accomplished between August of 2012 to September of 2013 in Horto Florestal Ponta das Canas property of Celulose Riograndense and the private property, Alvorada farm. Were installed pluviometers and equipment in the basins to monitor the variables and the hydrosedimentological processes and also was done the modeling with the LISEM model to simulate the surface runoff and the sediment concentrations during rainfall events. Likewise in the BE were installed different kinds of pluviometers to study the rain distribution. The meteorological data was collected from the turret installed in the basin with eucalyptus and the hydrosedimentological ones were collected by sensors installed in each of the spillways of the basins. Was done soil sampling with preserved and not preserved structure in the layers from 0-20cm to 20-40cm deep, to determine the texture, porosity, soil density, saturated hydraulic conductivity, retention curve and aggregate stability. The results of the rainfall distribution in the eucalyptus plantation showed an effective precipitation of 1657 mm, an internal precipitation of 1576 mm, a stem flow of 113 mm, a interception by litter of 32 mm and an interception by the canopy of 254 mm, corresponding to 86,7%, 82,5%, 5,9%, 1,7% and 13,3% of the total precipitation

(1911 mm), respectively. In the water balance the BE showed an evapotranspiration of 779 mm, an water flow of 195 mm, a deep drainage of 592 mm, and a storage of 70 mm, the BC presented an evapotranspiration of 567 mm, an water flow of 543 mm, deep drainage of 481 mm and a storage of 51 mm. Those results show that in the BE the interception and evapotranspiration are bigger and causes a decrement in the runoff, which reduces the peak flows and the production of sediment, but decreases the water offer for the region to consume. The BC presented bigger availability of water, but the peak flows and the sediments production were bigger during the estimated time. The modeling with LISEM, the results showed that, in the BE, the surface runoff calibrations results were acceptable to the three events simulated and, in the BC, two were acceptable and one was not satisfactory. The sedimentograms were not satisfactory in the two basins.

Key words: Water balance; interception; pasture; physical properties; hydrosedimentological processes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Altura de lâmina de água utilizada por cultura anual (ou ciclo).	24
Tabela 2. Parâmetros físicos das bacias com eucalipto e campo do Horto Florestal Ponta das Canas e Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS.	42
Tabela 3. Distribuição do uso do solo na bacia com eucalipto (BE) na Fazenda Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.	43
Tabela 4. Distribuição do uso do solo na bacia de campo com pastagens na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.	45
Tabela 5. Média de cascalho, areia, silte e argila para os diferentes usos do solo na bacia com eucalipto (BE) no Horto Florestal Ponta das Canas, município de São Gabriel-RS.	81
Tabela 6. Média de cascalho, areia, silte e argila para os diferentes usos do solo na bacia de campo (BC) na fazenda Alvorada, município de São Gabriel-RS.	81
Tabela 7. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total (PT), condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) e água disponível (AD) na bacia com eucalipto (BE) do Horto Florestal Ponta das Canas, município de São Gabriel-RS.	84
Tabela 8. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total (PT), condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) e água disponível (AD) na bacia com campo (BC) na fazenda Alvorada, município de São Gabriel-RS.	84
Tabela 9. Retenção de água no solo para as diferentes coberturas presentes na bacia com eucalipto (BE) do Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.	87
Tabela 10. Retenção de água no solo para as diferentes coberturas presentes na bacia com campo (BC) da Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.	87
Tabela 11. Redistribuição acumulada quinzenalmente da água da chuva num plantio de <i>Eucalyptus saligna</i> de sete anos de idade no Horto Florestal Ponta das Canas, município de São Gabriel-RS.	89
Tabela 12. Balanço hídrico acumulado quinzenalmente da bacia com eucalipto (BE) no Horto Florestal Ponta das Canas, município de São Gabriel-RS.	94

Tabela 13. Balanço hídrico acumulado quinzenalmente da bacia com campo (BC) na Fazenda Alvorada, município de São Gabriel-RS.	95
Tabela 14. Resumo comparativo dos resultados do balanço hídrico anual das bacias com eucalipto (BE) e campo (BC), município de São Gabriel-RS.	96
Tabela 15. Variáveis hidrossedimentológicas observadas nas bacias BE e BC, no município de São Gabriel-RS.	100
Tabela 16. Resumo das variáveis hidrológicas dos eventos monitorados nas bacias com eucalipto e campo. São Gabriel-RS.	104
Tabela 17. Perdas de água e solo nas bacias BE e BC.	112
Tabela 18. Características hidrológicas dos eventos selecionados na calibração do modelo LISEM.	114
Tabela 19. Valores de Ksat usados para a calibração do modelo LISEM para as profundidades 0 -20 cm e 20 -40 cm na bacia com eucalipto.	115
Tabela 20. Valores de Ksat usados para a calibração do modelo LISEM para as profundidades 0 -20 cm e 20 -40 cm na bacia com campo.	115
Tabela 21. Valores do n de manning usados para a calibração do modelo LISEM na bacia com eucalipto para a profundidade 0 -20 cm.	116
Tabela 22. Valores de n de manning usados para a calibração do modelo LISEM na bacia com campo para a profundidade 0 -20 cm.	116
Tabela 23. Valores de rugosidade aleatória (RR) usados para a calibração do modelo LISEM na bacia com eucalipto para a profundidade 0 -20 cm.	116
Tabela 24. Valores de rugosidade aleatória (RR) usados para a calibração do modelo LISEM na bacia com campo para a profundidade 0 -20 cm.	117
Tabela 25. Valores observados e simulados e desempenho estatístico do modelo LISEM para a simulação do escoamento superficial, vazão máxima e tempo de pico em eventos pluviais nas bacias com eucalipto e campo.	118
Tabela 26. Valores observados e simulados e desempenho estatístico do modelo LISEM para a simulação do sedimentograma em eventos pluviométricos nas bacias com eucalipto e campo.	119

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação esquemática dos componentes do ciclo hidrológico numa bacia hidrográfica com vegetação. Em que P é a precipitação, I a interceptação, C a condensação, Tr a transpiração, Es a evaporação do solo, Eal a evaporação da água livre, g o gotejamento, ESC o escoamento pelos troncos, R o escoamento superficial, ESCsub o escoamento Subterrâneo, If a infiltração, c a ascensão capilar, V a Vazão.	27
Figura 2. Localização das bacias hidrográficas de eucalipto (BE) e campo (BC), São Gabriel-RS.	40
Figura 3. Modelo digital de elevação da BE, no Horto Florestal Ponta das Canas e da BC, na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.	43
Figura 4. Mapa de uso atual do solo na bacia hidrográfica com eucalipto (BE), no Horto florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.	44
Figura 5. Aspecto geral da cobertura vegetal na BE: a) campo com vassourais de <i>Heterothalamus alienus</i> (Asteraceae); b) mata ciliar.	44
Figura 6. Mapa de uso atual do solo na bacia hidrográfica de campo com pastagem (BC), na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.	46
Figura 7. Aspecto geral dos campos na área da Fazenda Alvorada, a) No primeiro plano, <i>Eryngium horridum</i> e mais ao fundo <i>Aristida laevis</i> que confere aspecto esbranquiçado brilhante ao campo, b) área com pasto aveia (<i>Avena strigosa</i>) altamente degradado e exposto à erosão.	46
Figura 8. a) Mata ciliar e, b) capões de eucalipto em áreas altas da bacia BC.	47
Figura 9. Classes de solo da BE do Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.	48
Figura 10. Classes de solo da BC na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.	48
Figura 11. Pontos de monitoramento dos diferentes componentes do balanço hídrico (PA: precipitação em aberto; PI: precipitação interna; Et: escoamento pelo tronco; Is: Interceptação pela serrapilheira) nas bacias BE na Fazenda Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.	51
Figura 12. Pontos de monitoramento dos componentes do balanço hídrico (PA: precipitação em aberto; PI: precipitação interna; Et: escoamento pelo tronco) na bacia BC na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.	51

Figura 13. a) pluviômetro para quantificar a água das chuvas no aberto na bacia com eucalipto, b) pluviômetro no aberto na bacia de campo com pastagens.	52
Figura 14. a) Pluviômetro linear de 0,29 m ² de área de captação, b) Pluviômetros lineares para quantificar a precipitação interna sob plantação de eucalipto na BE.	54
Figura 15. Coletores de precipitação interna nas áreas com mata ciliar.	55
Figura 16. (a) Coletor de precipitação interna de 8 bocas, (b) coletor na área com pasto aveia e (c) coletor no campo nativo.	55
Figura 17. Canaletas coletoras na forma de espiral para quantificação do escoamento de água pelo tronco nas árvores de eucalipto (a) e na mata ciliar (b).	57
Figura 18. a) Intercepção da água pela serrapilheira no plantio de eucalipto, b) interceptômetro com anel duplo para quantificar a água drenada da camada de serrapilheira.	58
Figura 19. a) Parcelas de escoamento superficial e perda de solo no plantio de eucalipto e b) no campo nativo.	64
Figura 20. a) Vertedor situado na bacia com plantio de eucalipto na Fazenda Horto Florestal Ponta das Canas, b) Vertedor situado na bacia de campo com Pastagem na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.	65
Figura 21. Sistema de medições de vazão do vertedor na bacia com eucalipto, na Fazenda Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.	66
Figura 22. Sistema de medições de vazão do vertedor na bacia de campo com pastagem, na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.	67
Figura 23. Relação entre turbidez e concentração de sedimentos em suspensão para estimativa da C _{ss} e da produção de sedimentos para as bacias de eucalipto (a) e campo (b), São Gabriel-RS.	70
Figura 24. Medição da rugosidade superficial aleatória com o perfilômetro na bacia com eucalipto (a) e campo (b), São Gabriel-RS.	75
Figura 25. Dispositivo utilizado na validação da estabilidade de agregados pelo método do impacto da gota onde (a) garrafa tipo Mariotte e pinça rolete para dosagem de tamanho e volume de gota (b) conjunto disposto a 1 m de altura e (c) tamanho de gota.	78
Figura 26. Redistribuição percentual da chuva em cada processo hidrológico, no plantio de <i>Eucalyptus saligna</i> de sete anos de idade. Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.	90

Figura 27. Esquema comparativo dos componentes e valores do balanço hídrico das microbacias BE e BC no município de São Gabriel-RS.	97
Figura 28. Correlação entre a vazão e a concentração de sedimentos dos eventos monitorados nas bacias com eucalipto (BE) e campo (BC). São Gabriel-RS.	101
Figura 29. Concentração de sedimentos e a vazão observada no evento registrado no dia 18/09/2012, nas bacias. (a) deslizamento da margem do rio na BE, (b) vertedor na BE (c) vertedor na BC, em São Gabriel-RS.	102
Figura 30. Relação entre a precipitação e a vazão máxima dos eventos monitorados nas bacias com eucalipto (BE) e campo (BC), em São Gabriel-RS.	105
Figura 31. Relação entre a precipitação e o escoamento superficial dos eventos monitorados nas bacias com eucalipto (BE) e campo (BC), em São Gabriel –RS.	105
Figura 32. Relação entre o produto do escoamento superficial pela vazão máxima e a produção total de sedimentos dos eventos monitorados nas bacias, em São Gabriel –RS.	107
Figura 33. Relação da descarga sólida de fundo com a vazão para as campanhas de medição nas bacias de eucalipto (a) e na bacia de campo (b), em São Gabriel –RS.	108
Figura 34. Curva de permanência das vazões para as bacias com eucalipto e campo no período de agosto 2012 a setembro 2013, em São Gabriel RS.	109
Figura 35. Correlação entre a perda de água e a perda de solo nas bacias com eucalipto (a) e campo (b). Período agosto 2012/ setembro 2013.	112
Figura 36. Hidrograma dos valores observados e estimados para o evento 18/09/2012, na bacia com eucalipto.	118
Figura 37. Hidrograma dos valores observados e estimados para o evento 18/09/2012, na bacia com campo.	119

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 HIPÓTESES	21
1.2 OBJETIVOS	21
1.2.1 Objetivo Geral	21
1.2.2 Objetivos específicos	21
2. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 Impactos nos recursos hídricos causados pela alteração do uso do solo	22
2.2 Efeitos das coberturas vegetais sobre o regime hídrico	23
2.2.1 Florestas de eucalipto	23
2.2.2 O Bioma Pampa	25
2.3 O ciclo hidrológico na bacia hidrográfica	26
2.4 Monitoramento hidrológico	28
2.4.1 Precipitação	29
2.4.2 Interceptação vegetal	30
2.4.3 Evapotranspiração	31
2.4.3.1 Evapotranspiração Potencial (ETp)	32
2.4.3.2 Evapotranspiração Real (ETr)	33
2.4.3.3 Evapotranspiração de Referência (ETo)	33
2.4.4 Drenagem de água no solo	33
2.4.5 Vazão	34
2.4.6 Armazenamento de água no solo	35
2.5 Hidrologia comparativa	36
2.5.1 Balanço hídrico	36
2.5.2 Curva de permanência	37
2.5.3 Hidrossedimentologia	37
2.5.4 Aplicações de modelos matemáticos de predição de processos hidrossedimentológicos	38
3. MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1 Localização das bacias	40
3.2 Características morfométricas das bacias	41
3.3 Características do relevo das bacias hidrográficas	42

3.4	Uso atual do solo nas bacias hidrográficas	42
3.5	Características dos solos	47
3.6	Características físico-hídricas do solo	50
3.7	Monitoramento das variáveis hidrológicas	50
3.7.1	Precipitação (P)	51
3.7.2	Precipitação efetiva (Pe)	52
3.7.3	Interceptação (Int)	53
3.7.4	Precipitação interna (PI)	53
3.7.5	Escoamento de água pelo tronco (Et)	56
3.7.6	Interceptação da chuva pela serrapilheira (Is) na BE	57
3.7.7	Drenagem de água no solo	59
3.8	Balanço hídrico	59
3.8.5	Estimativa da Evapotranspiração	59
3.8.1	Capacidade de armazenamento de água no solo (CRA)	61
3.8.2	Armazenamento de água no solo	62
3.8.3	Variação de umidade no solo (ΔS)	63
3.8.4	Estimativa da drenagem de água no solo	63
3.9	Perdas de água e solo na escala de parcela	63
3.10	Fluviometria e sedimentologia	64
3.10.1	Determinação das descargas líquidas	65
3.10.2	Curvas de permanência	68
3.10.3	Descargas sólidas nas bacias	69
3.10.3.1	Descarga sólida de sedimentos transportados em suspensão	69
3.10.3.2	Descarga em arrastre	70
3.11	Simulação hidrológica com o modelo LISEM	71
3.11.1	Cobertura vegetal	72
3.11.2	Infiltração de água no solo	72
3.11.3	Armazenamento em depressões	72
3.11.4	Escoamento superficial e fluxo do canal	74
3.11.5	Levantamento dos dados de entrada para a simulação hidrológica	74

3.11.6 Índice de área foliar (IAF)	75
3.11.7 Coeficiente n de Manning e rugosidade superficial aleatória	75
3.11.8 Características hidráulicas e físicas	75
3.11.9 Calibração do modelo	78
3.12 Análise estatística	79
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
4.1 Caracterização físico – hídrica dos solos	80
4.2 Redistribuição da chuva no eucalipto	88
4.3 Balanço hídrico das bacias hidrográficas	93
4.3.1 Comparação do balanço hídrico das duas bacias	95
4.4 Variáveis hidrossedimentológicas	98
4.4.1 Relação entre variáveis hidrossedimentológicas na escala de eventos	101
4.4.2 Avaliação do regime hidrológico com o uso de curvas de permanência	108
4.4.3 Perdas de água e solo em nível de parcela	111
4.5 Modelagem hidrossedimentológica com o modelo LISEM	114
5. CONCLUSÕES	120
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
7. ANEXOS	135

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento das civilizações e o consequente crescimento populacional em todo o mundo, cresceu também, de forma acelerada, a utilização dos recursos hídricos disponíveis. As ações antrópicas, alteram as condições naturais das regiões onde ocorrem, trazendo consigo problemas como, por exemplo, a inundação de áreas e seus efeitos sobre a fauna e a flora, erosão, transporte e deposição de sedimentos.

A degradação dos recursos naturais, principalmente solo e água, vêm crescendo de forma alarmante, atingindo níveis críticos dos cursos de água e no deterioro do meio ambiente. A disponibilidade da água para consumo constitui um dos aspectos mais importantes, relacionados ao manejo dos recursos naturais no planeta.

Neste contexto, o papel das florestas tem provocado discussões relacionadas, especialmente, com os possíveis impactos sobre a conservação dos recursos hídricos, principalmente no que diz respeito ao consumo de água. Tais discussões, longe de terminarem, atingiram dimensões significativas através do tempo (LIMA, 2007; VAN DIJK; KEENAN, 2007; LIMA, 2006; JACKSON et al., 2005; FARLEY et al., 2005).

As mudanças de uso da terra podem ocasionar impactos sobre o balanço hídrico de bacias hidrográficas, como a diminuição da evapotranspiração devido à supressão das florestas por pastagem e aumento do escoamento superficial, o que causa mudanças nas vazões, aumento da susceptibilidade a eventos de inundação e assoreamento de cursos de água. O estabelecimento de diferentes coberturas vegetais e de práticas culturais e de manejo do solo pode provocar alterações nas propriedades do solo. Em consequência disso, tem-se a perda de sustentabilidade, traduzida pela redução da capacidade do solo de produzir em determinado manejo (DECHEN et al., 2004). A perturbação do solo tende a ser maior quando as culturas são estabelecidas nas áreas de floresta nativa que nas terras com pastagens.

Os impactos hidrológicos envolvem aspectos como manejo sustentável, impactos a jusante, potencial produtivo do solo, conflitos pelo uso da água e saúde das bacias hidrográficas. (LIMA, 2005; CALDER, 2007; VANCLAY, 2009).

Os impactos do eucalipto sobre a água, o solo e a biodiversidade parecem depender fundamentalmente das condições prévias ao plantio, na região onde será estabelecida a floresta, bem como do bioma onde será inserida e das técnicas de manejo empregadas. De acordo com tais condições iniciais, as plantações de eucalipto podem gerar impactos ambientais benéficos ou deletérios ao médio ambiente (VITAL, 2007).

A hidrologia florestal é a ciência que estuda o comportamento do ciclo hidrológico em ecossistemas florestais, sejam naturais ou plantadas, assim como os processos erosivos, a qualidade das águas, o microclima e a mudança global na qualidade da vida dos homens. É importante compreender os fatores e processos que participam na hidrologia florestal para determinar a influência dos ecossistemas florestais e poder orientar o manejo das mesmas, a fim de manter o papel regulador das florestas. Embora existam avanços no conhecimento sobre a função das florestas, ainda precisa-se de estudos para responder os questionamentos sobre seu impacto no ciclo hidrológico (ANDREASSIAN, 2004; BRUIJINZEEL, 2004; KAIMOWITZ, 2004; OKI KANAE, 2006).

Evidências atuais sugerem que as plantações florestais reduzem a disponibilidade de água, bem como baixam os níveis dos fluxos superficiais em bacias, mas não são esperadas influências em bacias maiores (VAN DIJK, 2007).

A hidrologia florestal em uma bacia também pode ser vista sob outros aspectos, como, por exemplo, de regularização do sistema. De acordo com Hamilton (2008) o aumento da disponibilidade de água com o corte da floresta parece desejável para o deflúvio, em curto prazo, na estação seca, mas pode ser um problema durante a estação úmida, quando o aumento do fluxo pode trazer risco de inundações. Também, para Van Dijk e Keenan (2007), em alguns casos, as plantações podem aumentar a recarga do lençol freático por melhorar a infiltração.

Segundo Cardoso et al. (2006) para avaliar o efeito que teria qualquer perturbação numa bacia hidrográfica, é necessário antes conhecer bem as características hidrológicas do ecossistema, para posteriormente fazer a comparação com aqueles em que houve intervenções antrópicas. A análise desses aspectos do ecossistema envolve características de clima, geomorfologia, solo, vegetação, deflúvio e evapotranspiração, com o que se pode quantificar os processos hidrológicos da bacia e correlacioná-los com as diferentes variáveis relacionadas à quantidade e qualidade da água, assim como sua dinâmica.

Por isso, os modelos hidrológicos tem sido de grande importância em estudos que buscam obter prognósticos hidrológicos em bacias hidrográficas, partindo da modelagem de cenários atuais e futuros. Para a aplicação de modelos hidrológicos precisa-se de dados, os quais dependem da distribuição da rede de monitoramento e disponibilidade de dados hidrológicos nas bacias hidrográficas com o objetivo de tomar decisões no planejamento, gerenciamento dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas.

Esta proposta tem a estratégia de técnicas de monitoramento e modelagem hidrológico de duas bacias hidrográficas e está direcionada para a obtenção de um conjunto de dados e

informações para caracterizar os processos hidrológicos e sedimentológicos em diferentes condições de uso e manejo dos solos, além de obter informação sobre a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas que poderiam dar suporte a tomada de decisões em programas de gestão de recursos hídricos no município de São Gabriel - RS.

1.1 HIPÓTESES

Bacias hidrográficas ocupadas com eucalipto no bioma pampa reduzem a disponibilidade hídrica em relação à bacia com campo nativo.

Bacias hidrográficas ocupada com eucalipto no bioma pampa reduzem a perda de solo e a produção de sedimentos em relação à bacia com campo nativo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Esse trabalho tem por objetivo avaliar a influência da cobertura vegetal do solo sobre o balanço hídrico, visando à descrição dos processos hidrológicos de precipitação, interceptação vegetal, conteúdo de água no solo, evapotranspiração, drenagem e deflúvio em duas bacias, uma ocupada com plantio de eucalipto e outra com campo de pastagem e produção pecuária, situadas no município de São Gabriel – RS.

1.2.2 Objetivos específicos

- Quantificar a redistribuição das chuvas em um plantio de *Eucalyptus saligna*, de sete anos de idade, sobre a interceptação da chuva pelo dossel, a precipitação interna, o escoamento pelo tronco, a interceptação pela serrapilheira e a precipitação efetiva.
- Estudar os diferentes componentes do balanço hídrico em duas bacias, uma ocupada com plantação de eucalipto e outra com campo de pastagem e produção pecuária.
- Avaliar a acurácia do modelo de base física Limburg Soil Erosion Model (LISEM) para simular o impacto da cobertura vegetal sobre a dinâmica do escoamento superficial, a vazão e a produção de sedimentos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Impactos nos recursos hídricos causados pela alteração do uso do solo

Os principais componentes das bacias hidrográficas (solo, água, vegetação e fauna) coexistem em permanente e dinâmica interação respondendo às interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e aquelas de natureza antrópica (uso/ocupação da paisagem), afetando os ecossistemas como um todo.

As ações antrópicas sobre os recursos hídricos atualmente são vistos sob a ótica de escala global. A demanda hídrica já excede o suprimento em muitas partes do mundo, o crescimento da população aliado aos efeitos das mudanças climáticas e uma maior escassez de água (SMAKHTIN et al., 2004; BOS et al., 2005; GOUSBESVILLE, 2008).

Os recursos hídricos estão sendo analisados pela escala de bacias hidrográficas, tendendo a comprometer o meio ambiente pelo efeito conjunto de mudanças de uso da terra e alterações climáticas. As bacias hidrográficas são importantes do ponto de vista hidrológico e ecológico, já que são as unidades de referência para os processos de infiltração e escoamento superficial das águas da precipitação (NETO, 2003).

Hoje, existe evidência de que os ecossistemas associados aos cursos de água estão se alterando em consequência das modificações dos regimes hidrológicos decorrentes das ações antrópicas (POFF et al., 1997; MCCULLY, 2001; POSTEL; RICHTER, 2003; BROWN; KING, 2003). Silva et. al. (2009) afirmam que as variações climáticas na terra podem inicialmente modificar os recursos hídricos locais e o albedo da superfície, de forma que o processo pode provocar pequeno ou até grandes modificações na temperatura, precipitação e evaporação, entre outros parâmetros.

No âmbito dos recursos hídricos, o impacto decorrente da alteração do uso do solo reflete-se nos componentes do ciclo hidrológico, como por exemplo, no escoamento superficial, nas vazões dos rios, na recarga aos aquíferos, na qualidade da água e no transporte de sedimentos.

Diferentes tipos de usos do solo apresentam taxas de interceptação e transpiração distintas, pelo que geram alterações significativas em medidas hidrológicas como curvas de permanência, séries mínimas anuais e relações entre armazenamento e produção de água. (GUSTARD; WESSELINK, 1993).

2.2 Efeitos das coberturas vegetais sobre o regime hídrico

2.2.1 Florestas de eucalipto

A demanda pelos produtos madeiráveis, a cada dia vai aumentando, assim como, ao mesmo tempo, estão crescendo as exigências de preservação e do uso racional dos recursos da floresta nativa. Com a obtenção da madeira de florestas plantadas, estas tornaram-se determinantes ao desenvolvimento social e econômico do Brasil, gerando divisas, empregos, renda e bem-estar social, preservando, em paralelo, ambientes nativos.

E foi assim que, o eucalipto se converteu na principal espécie utilizada em plantios florestais para fins industriais no Brasil, desde sua introdução em 1904, quando foi utilizado, inicialmente, como matéria-prima de produção de lenhas e dormentes. A década de 70 foi marcada pela política de incentivos fiscais para atender a crescente demanda das indústrias baseadas no uso da madeira como matéria prima (BRACELPA, 2009). Em 2012, a área de plantios de Eucalipto totalizou 5.102.030 ha, representando crescimento de 4,5% (228.078 ha) frente ao indicador de 2011 e no estado de Rio Grande do Sul totalizou 284.701 ha (4503 ha mais que em 2011). O principal fator que alavancou esse crescimento foi o estabelecimento de novos plantios frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de Papel e Celulose (ABRAF, 2013).

Esta monocultura do eucalipto tornou-se, então, numa controvérsia com relação a seu futuro no Brasil e muitas discussões ainda são realizadas acerca do plantio de eucalipto, algumas a favor do eucalipto e outras contra. De um lado, se considerou os investimentos das empresas, a geração de empregos e a incorporação de pequenos, médios e grandes produtores no plantio de florestas. O governo, como provedor de financiamentos, através de suas políticas, defendeu o desenvolvimento econômico que os investimentos trouxeram para a região. Por outro lado, estão as opiniões de ambientalistas, organizações não-governamentais (ONGs) e movimentos sociais, preocupados com a perda da biodiversidade que o plantio de eucalipto, em grande escala, poderia acarretar aos biomas, especialmente ao bioma Pampa (PEREIRA, 2010).

No entanto, uma das críticas mais freqüentes, refere-se ao consumo de água pelo eucalipto e os impactos sobre a umidade do solo, os rios e os lençóis freáticos. Lima (2010) afirmou que em condições ou em regiões onde o suprimento natural de água já é pouco, qualquer alteração não planejada da paisagem, como a substituição de vegetação rasteira por florestas, pode resultar num aumento do consumo de água e gerar conflitos. As plantações

florestais com espécies de rápido crescimento, apresentam também, maiores consumos de água, em comparação com vegetação de menor porte, bem como com floresta natural ou plantações com espécies de crescimento lento. Como resultado, em algumas situações pode-se observar redução significativa do deflúvio na escala de bacias. Pesquisas efetuadas em áreas de plantios com eucalipto, localizadas no sudeste e sul do Brasil, indicam que o consumo de água não é diferente do que ocorre nas áreas de vegetação nativa, ou mesmo em outras culturas (ALMEIDA; SOARES, 2003; CARNEIRO et al, 2008).

Calder et al. (1992) apresentaram dados sobre a eficiência de uso da água durante um ano (ou ciclo), em caso de culturas de ciclo longo como o eucalipto, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Consumo anual (ou por ciclo) de água de diferentes culturas

Quantidade de água durante um ano (ou ciclo) da cultura.	
Cultura	Consumo de água (mm)
Cana de açúcar	1.000 - 2.000 ⁽¹⁾
Café	800 - 1.200 ⁽¹⁾
Eucalipto	800 - 1.200 ⁽¹⁾
Citrus	800 - 1.200 ⁽¹⁾
Milho	400 - 800 ⁽²⁾
Feijão	300 - 600 ⁽²⁾

Consumo de água anual (1) e consumo de água por ciclo (2)

Fonte: Calder et al., 1992.

A partir de resultados sobre transpiração, resistência estomática, índice de área foliar, eficiência do uso da água, perdas por interceptação e balanço hídrico, que pesquisadores como Andreassian (2004), Lima (2010), Almeida (2012) verificaram que o eucalipto é uma espécie florestal que não consome mais água por unidade de biomassa produzida do que qualquer outra espécie florestal.

Por outro lado, é importante sinalar que existe muito desconhecimento pelo cidadão comum sobre a fisiologia e morfologia das florestas plantadas, sobre como a água é absorvida, transportada e transpirada, assim como um desconhecimento da sociedade sobre os balanços hídricos das plantações, bem como fenômenos importantes, como fotossíntese,

respiração, transpiração, evaporação e evapotranspiração (FOELKEL, 2007). O pesquisador afirma ademais, que a ciência florestal precisa conhecer tudo isso, além da dinâmica da água no solo e das águas subterrâneas e que esses conhecimentos podem ser também aprendidos pela sociedade e o que se precisa são formas mais eficientes do setor florestal para transferir esses tipos de conhecimentos básicos para as comunidades com as quais interage.

Para avaliar o efeito do eucalipto sobre a água do solo, é preciso fazer o monitoramento e a comparação do regime hídrico de plantios de eucalipto com outras espécies e a vegetação nativa presente na região, onde existam plantios de eucalipto. Isto vai permitir ter um maior conhecimento do impacto do eucalipto sobre o regime da água nas bacias hidrográficas.

2.2.2 O Bioma Pampa

O bioma pampa possui uma grande biodiversidade e abrange a maior parte do Estado do RS, e representa 90% das pastagens naturais do Estado. O pampa como bioma é a reunião de formações ecológicas que se inter cruzam em uma formação ecopaisagística única, com intenso tráfego de matéria, energia e vida entre os campos, matas ciliares (de galeria), capões de mato e matas de encostas (IBGE, 2004). Segundo levantamento da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o pampa apresenta uma grande biodiversidade representada por três mil espécies de plantas, sendo 450 espécies de gramíneas, mais de 150 de leguminosas, 70 tipos de cactos, 385 de aves e 90 de mamíferos, sendo que várias espécies são endêmicas e outras ameaçadas de extinção (CSR/IBAMA, 2010). O solo predominante é fértil, o que levou o bioma a ser bastante explorado pela pecuária, principal atividade econômica da região. Outras atividades econômicas impactantes na região são as lavouras de arroz, e mais recentemente, o plantio de eucalipto. A progressiva introdução e expansão das monoculturas e das pastagens com espécies exóticas têm levado a uma rápida degradação e descaracterização das paisagens naturais do pampa. Estimativas de perda de habitat indicam que em 2002 restavam 41,32% e em 2008-2009 restavam apenas 35,89% da vegetação nativa do bioma pampa (CSR/IBAMA, 2010).

Os campos sulinos ou bioma pampa convivem com a vegetação lenhosa, compondo em muitas regiões mosaicos de campo/floresta. Ainda que o clima atual favoreça as florestas, muitos fatores interagem para definir se o campo ou a floresta irão se estabelecer num determinado sítio. Ambos são estados ecossistêmicos estáveis que coexistem, com um grau variável de tensão. Estados ecossistêmicos alternativos sob um mesmo conjunto de condições ambientais, constitui a base conceitual mais adequada para analisar a dinâmica campo/floresta

nas regiões tropicais e sub-tropicais, pois seria inapropriado considerar uma vegetação que persiste, há milênios, como um “estágio sucessional inicial”. (BOND; PARR, 2010).

Overbeck et al. (2007) afirmam que a representação dos campos nativos em unidades de conservação é extremadamente baixa (menos de 0,5%) e que a gestão da maioria não é suficiente para preservar os campos nativos. Os autores garantem que com ações como a criação de unidades de conservação em diferentes regiões, incluindo os diferentes tipos de pastagens no sul do Brasil, o desenvolvimento de estratégias de gestão adequadas, onde pastagens são objeto da invasão de arbustos e expansão das florestas, assim como a realização de pesquisas sobre a biodiversidade, os processos ecológicos, a sensibilização do público sobre o valor e a vulnerabilidade deste tipo de vegetação poderiam ajudar a preservar os campos nativos.

Estratégias e políticas foram geradas e destinadas aos agricultores e familiares assentados na Metade Sul do Rio Grande do Sul, apresentando-se uma aceleração das mudanças na cobertura vegetal e à implementação de diferentes usos do solo que mesclaram agroecossistemas com diferentes práticas de manejo. Isso levou a culturas diversas (milho, arroz, soja, incluindo os plantios florestais) a ocupar o espaço de campos nativos, fragmentos de mata ciliar e outras espécies gramíneas para manutenção do gado. Em termos ecológicos esta mudança de cobertura é capaz de comprometer a biodiversidade dos campos, conduzindo a uma maior extração dos recursos naturais locais. O desconhecimento da biodiversidade e o uso inadequado dos solos, voltados para as lavouras e para os investimentos na silvicultura tem despertado pesquisadores e instituições para que haja um estudo e um planejamento para minimizar os impactos ambientais das atividades econômicas no bioma Pampa.

2.3 Ciclo hidrológico em bacias hidrográficas

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera. Já ao nível de bacia, o ciclo hidrológico é aberto, onde se apresentam trocas de matéria e energia. O intercâmbio entre a atmosfera e a superfície nas bacias ocorre em dois sentidos: primeiro no sentido atmosfera - superfície, onde a transferência ocorre em forma de chuva, neve ou granizo e segundo no sentido superfície-atmosfera, onde o fluxo de água ocorre fundamentalmente na forma de vapor, como decorrência da evapotranspiração.

A umidade atmosférica precipita-se e a água da chuva pode ser interceptada pela vegetação, pode escoar pela superfície dos terrenos, ou pode infiltrar-se no solo, de onde pode ser absorvida pelas plantas ou recarregar os aquíferos. Assim, o ciclo da água envolve vários e complicados processos hidrológicos que fazem parte do balanço hídrico: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação e escoamento superficial (Figura 1).

O uso de água pelas plantas pode ser definido, de acordo com Benyon et al. (2007) como a perda total evaporativa, que resulta da interceptação, evaporação do solo e da transpiração, também conhecida normalmente como evapotranspiração.

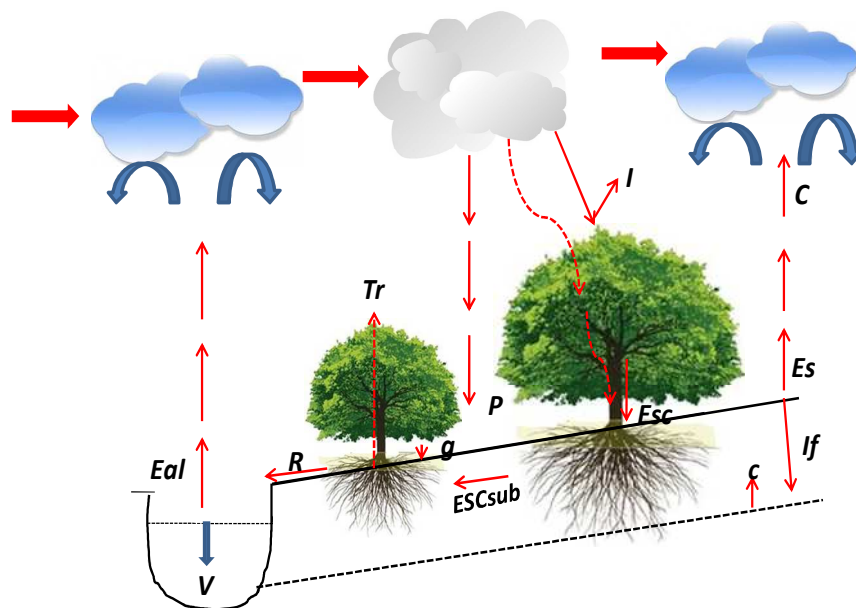


Figura 1. Representação esquemática dos componentes do ciclo hidrológico numa bacia hidrográfica com vegetação. Em que P é a precipitação, I a interceptação, C a condensação, Tr a transpiração, Es a evaporação do solo, Eal a evaporação da água livre, g o gotejamento, ESC o escoamento pelos troncos, R o escoamento superficial, ESCsub o escoamento Subterrâneo, If a infiltração, c a ascensão capilar, V a Vazão.

Aproximadamente, dois terços da precipitação global retornam para a atmosfera em forma de evaporação, constituindo-se o principal componente do ciclo hidrológico (WALLACE, 1995). Para Wilk (2000) a utilização da água deve ser vista no contexto de um ciclo, no qual a água absorvida pelas árvores na transpiração retorna novamente à superfície pela precipitação.

A vegetação arbórea, devido a sua longevidade e alta capacidade evaporativa, tem uma grande influência no ciclo hídrico. (VINCKE; THIRY, 2008). A quantidade da chuva interceptada pela vegetação arbórea depende grandemente da estrutura do dossel e das

características dos eventos climáticos. Alguns autores apontam para a ocorrência de alterações no ciclo hidrológico pela substituição de vegetação de menor porte por plantações florestais, com resultados originados de bacias localizadas em diferentes regiões do mundo (ZANG et al., 1999; CALDER, 1990; HEWLETT, 1982). No entanto, estudos recentes têm mostrado que o consumo de água na fase inicial de crescimento nas plantações depende das características do local, como tipo e profundidade do solo, relevo, regime e quantidade da precipitação anual, assim como as práticas de manejo (ANDREASSIAN, 2004; CALDER, 1986).

Os ecossistemas vegetados são o cenário onde se apresentam as fases do ciclo da água. De acordo com Castro et al. (1983) e Lima (1975) o papel da cobertura vegetal no ciclo hidrológico é condicionada pelo retardamento da movimentação da água em direção aos cursos de água pelos processos da interceptação, permitindo a reciclagem da água até a atmosfera, a infiltração no solo, absorção, transpiração e percolação. Com relação à precipitação, Bertoni e Tucci (2001) afirmam que a chuva é a mais importante na hidrologia florestal devido à sua capacidade de produzir escoamento superficial, embora a interceptação possa causar uma diminuição na chuva, que atinge o solo e ocasiona um decréscimo no escoamento superficial, o que permite que a água que chega ao solo seja retida e infiltrada. (FRANKEN; LEOPOLDO, 1986/1987; CASTRO et al., 1983; PRICE, 1982).

Para estudar o ciclo da água em uma bacia é necessário considerar o balanço hídrico, o qual é o somatório das quantidades de água que entram e saem de um elemento de volume do solo e, num dado intervalo de tempo, o resultado é a quantidade líquida de água que nele permanece. Igualmente, o balanço hídrico é considerado como uma ferramenta importante para o estudo da distribuição espacial e temporal da água nas bacias hidrográficas, já que permite avaliar os processos e interações que nela ocorrem. A precipitação é a principal entrada do balanço hídrico e de suma importância para entender este equilíbrio nas bacias hidrográficas. Envolve também a evapotranspiração, o escoamento superficial, o armazenamento de água no solo e a vazão.

2.4 Monitoramento hidrológico

O monitoramento hidrológico é um procedimento de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis hidrológicas, com o objetivo de identificar e avaliar as condições das bacias hidrológicas em um determinado momento.

O monitoramento hidrológico fornece informações sobre os fatores que influenciam a quantidade e qualidade de água e ao regime de vazão da região estudada. Para isso, é importante ter informações em relação às variáveis hidrológicas como a precipitação, a interceptação, a vazão e a evapotranspiração.

2.4.1 Precipitação

A precipitação expressa a quantidade de chuva pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Ela é avaliada por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se pluviômetros ou pluviógrafos, conforme sejam simples receptáculos da água precipitada ou registrem essas alturas no decorrer do tempo. (CARVALHO; SILVA, 2006).

Os pluviômetros são recipientes que coletam e acumulam a água de precipitações que venham a ocorrer em um dado local e num certo intervalo de tempo e que, em função da sua área de coleta, permitem o cálculo da lâmina de água precipitada.

Por tratar-se de instrumentos de leitura direta, exigem a presença de observador, no início e no fim do intervalo de tempo selecionado, para quantificar a água acumulada.

Os pluviógrafos são utilizados quando se necessita de informações mais detalhadas da distribuição temporal da chuva e são capazes de registrar a precipitação de forma contínua, em meio analógico ou automático. Neste último, os dados são armazenados em datalogger o qual concede grande autonomia de campo aos equipamentos e a informação pode ser armazenada em intervalos de tempo bastante grandes, reduzindo a dependência de um observador e os custos de operação.

Além de conhecer o total das precipitações pluviais, é de grande importância também conhecer a distribuição intra-eventos durante o ano, pois muitas vezes as chuvas ocorrem, concentradas em poucas horas, favorecendo a ocorrência de escoamento superficial e drenagem da água pelo solo.

Llorens et al. (1997) dividiram os eventos de chuva em três classes (I, II, e III). Classe I - Longos eventos de chuva com baixa intensidade e condições atmosféricas úmidas. Esses eventos produzem baixas taxas de interceptação, com uma média em torno de 15%. Classe II – Pequenos eventos com alta intensidade de chuva e condições atmosféricas secas. Produzem as mais baixas taxas de interceptação com média de 13%. Classe III – médios eventos de chuva com alta intensidade e condições atmosféricas muito secas. Produzem as mais altas taxas de interceptação com média de 49%.

2.4.2 Intercepção vegetal

A medição da intercepção vegetal não é um trabalho simples, uma vez que, do total da precipitação, uma porção é retida pelo dossel, outra escapa pelo tronco ou pelo gotejamento das folhas e galhos, como também pode passar pelos espaços abertos do dossel ou ser interceptada pela serrapilheira no piso florestal (ARCOVA et al, 2003; CHANG, 2006).

A proporção da chuva interceptada depende principalmente do regime de precipitação, como a duração e intensidade. De acordo com Soares e Almeida (2001), as perdas são maiores em períodos secos, quando as chuvas são menos intensas, mas dependem também das condições meteorológicas que controlam a evaporação, durante e depois da precipitação, e das características da floresta, variando consideravelmente entre espécies, pois a estrutura física do dossel da vegetação e a natureza da folhagem (tamanho e disposição) influenciam as perdas por intercepção. Entre as características da floresta que influenciam na intercepção estão o número de árvores por hectare, ângulo dos galhos, uniformidade e altura da copa, espessura da casca, forma da folha e inclinação e índice de área foliar (CROCKFORD e RICHARDSON, 2000).

Wang et al. (2006) desenvolveram um método (Water wiping) que consiste na coleta da água armazenada nas diferentes partes da planta de trigo, após a irrigação, utilizando um papel com alto poder de absorção e indicaram que esse método pode ser aplicado para outras culturas com folhas pequenas e pequeno porte. Llorens & Gallart (2000) desenvolveram um método simples para estimar o armazenamento de água na cobertura florestal, o qual consiste em medir o armazenamento em folhas, galhos, troncos e, então, extrapolar para uma área, a partir da quantificação desses elementos com o uso de fotografias da vegetação capturadas do solo para cima.

Czikowsky & Fitzjarrald (2009) propuseram um método para estimar intercepção, através de medições micrometeorológicas de fluxo turbulento. Os autores defendem que o método, ao inferir diretamente a intercepção, em vez de calcular a diferença entre a chuva total e a chuva interna, evita os erros de medição devido à heterogeneidade da copa.

As perdas por intercepção pelas chuvas nas primeiras pesquisas foram apresentadas por Helvey e Patric (1965) em forma de equações de regressão. Posteriormente, foram aplicados modelos matemáticos, como o modelo apresentado por Rutter et al. (1971) o qual está baseado nas entradas de precipitação e variáveis meteorológicas.

Gash (1979) apresentou um modelo similar ao de Rutter, mas requerendo estimar parâmetros estruturais da folha e tronco assim como a relação entre a taxa de evaporação

media e a taxa de precipitação media para as horas de chuva, quando as folhas atingem a saturação.

Viera e Palmier (2006) num estudo de modelagem da interceptação da chuva em uma área florestada na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, aplicaram os modelos fisicamente fundamentados de Gash e Rutter, concluindo que os modelos podem ser acoplados a outros modelos, como por exemplo, modelos de balanço hídrico ou de dinâmica da água no solo, fornecendo valores mais realistas da disponibilidade de água, sejam no solo, na atmosfera ou na superfície.

A determinação da precipitação interna é medida por pluviômetros colocados abaixo da vegetação e distribuídos de tal forma a obter uma representatividade espacial variável. A precipitação interna apresenta alta variabilidade, o que requer a utilização de vários interceptômetros, a fim de que se possa obter uma estimativa desta variação. Helvey e Patric (1965) indicam que é necessário utilizar cerca de dez vezes mais equipamentos para a medição da precipitação que atravessa a vegetação do que para a precipitação total. Lima (2008), afirma que são necessários cerca de 10 a 12 interceptômetros para obter-se a mesma precisão de um pluviômetro no aberto.

O escoamento pelo tronco pode ser medido pela colocação de uma canaleta bem vedada ao redor do tronco da árvore, da qual a água que escoar pelo tronco é coletada em um reservatório (LIMA, 2008). Levia Jr. e Frost (2003) afirmam que o escoamento de tronco aumenta com a magnitude e diminui com a intensidade da chuva, com exceção de condição meteorológica quente e com vento, quando a intensidade e o tamanho das gotas são decisivos para a redução da evaporação.

A soma da precipitação interna e escoamento pelo tronco que drena a serrapilheira é denominada de precipitação efetiva, sendo esta a parcela da chuva responsável pela água do solo, absorção através das raízes, transpiração das plantas e, também, pela recarga dos rios e aquíferos (ARCOVA et al., 2003; LEOPOLDO et al., 1987). Em termos de volume da água o escoamento pelo tronco é pequeno, os fatores que regulam a precipitação efetiva são os que determinam a fração da água envolvida na precipitação direta (OYARZUN et al., 1985).

2.4.3 Evapotranspiração

A evapotranspiração refere-se à perda de água por meio de evaporação do solo e da transpiração das plantas e é expressa como lâmina de água por unidade de tempo (mm dia^{-1}) (BURMAN et al., 1983). O termo evaporação refere-se ao fenômeno pelo qual a água passa

da fase líquida para a fase gasosa, podendo ocorrer tanto em massas contínuas (mar, lagos e rios) quanto em superfície úmida (solo e plantas) e o termo transpiração corresponde à evaporação da água utilizada nos diversos processos metabólicos necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas, através dos seus estômatos (REICHARDT ; TIMM, 2004).

A evapotranspiração assume papel importante no ciclo hidrológico, sendo responsável pelo retorno à atmosfera de aproximadamente 70% da precipitação anual na superfície terrestre, representando assim uma parcela significativa nos estudos de balanço hídrico e nos projetos de recursos hídricos. Informações quantitativas deste processo podem ser utilizadas na resolução de numerosos problemas que envolvem o manejo da água (RAUDKIVI, 1979). Tanto para o planejamento de áreas agrícolas irrigadas, quanto para a previsão de cheias ou a construção de reservatórios, são requeridos dados confiáveis de evapotranspiração (MORAES, 2007). Contudo, para a avaliação do balanço hídrico de uma região, se faz necessário o conhecimento dos diferentes conceitos de evapotranspiração.

As áreas plantadas com pastagem apresentam a maior perda de água via evapotranspiração, na época das chuvas, provavelmente relacionada à eficiência de produtividade das gramíneas nesse período. Na época seca, as gramíneas reduzem sua área verde devido à alta sensibilidade estomatal ao gradiente de pressão de vapor de água entre a superfície transpirante (BARUCH; FERNANDEZ, 1993). No entanto, o eucalipto é uma espécie com uma taxa de crescimento rápida, já que utilizam grandes volumes de água para produzir em pouco tempo uma importante quantidade de biomassa. Neste sentido, é fundamental que o planejamento das plantações florestais em larga escala seja feito com base no conhecimento das disponibilidades naturais de água da região, considerando-se o balanço entre a precipitação média anual e a taxa de evapotranspiração potencial, a fim de não gerar conflito (LIMA, 2010).

2.4.3.1 Evapotranspiração potencial (ETP)

Termo introduzido por Thornthwaite (1948) referindo-se ao processo de perda máxima de água para a atmosfera, pela ocorrência simultânea dos processos de transpiração e evaporação, através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica, e em crescimento ativo (PEREIRA et al., 1997; TOMASELLA; ROSSATO, 2005). Mais tarde, Penman (1956) adotou o conceito de evapotranspiração potencial como sendo a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo e de área, por uma cultura de porte baixo (vegetação rasteira), verde, de altura

uniforme e sem deficiência hídrica, que cobre totalmente a superfície do solo (SEDIYAMA, 1996; REICHARDT; TIMM, 2004).

2.4.3.2 Evapotranspiração real (ETr)

A evapotranspiração real corresponde a quantidade de água realmente utilizada por uma extensa superfície vegetada com grama, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo, porém com ou sem restrição hídrica, podendo a evapotranspiração real ser igual ou menor a evapotranspiração potencial (UNESCO, 1982; TUCCI; BELTRAME, 1993; SENTELHAS et al., 1999). Pode-se ainda dizer que a evapotranspiração real é aquela que ocorre em uma superfície vegetada, independente de sua área, de seu porte e das condições de umidade do solo, ocorrendo em qualquer circunstância, sem imposição de qualquer condição de contorno (PEREIRA et al., 1997; TOMASELLA; ROSSATO, 2005).

2.4.3.3 Evapotranspiração de referência (ET_o)

Representa uma extensão da definição original de PENMAN (1956). No entanto, somente depois da adoção do boletim FAO-24, elaborado por Doorenbos e Pruitt (1977) é que tal definição se popularizou. Assim Doorenbos e Pruitt (1977) definiram a evapotranspiração de referência como sendo a evapotranspiração de uma área com vegetação rasteira (grama), em crescimento ativo, mantida a uma altura uniforme de 0,08 a 0,15 m de altura e bem adaptada às condições locais. O conceito mais recente de evapotranspiração de referência foi proposto por ALLEN et al. (1998) no Boletim nº 56 da FAO, definindo-a como sendo a evapotranspiração de uma cultura hipotética, com altura fixa de 0,12m, albedo igual a 0,23, e resistência da superfície ao transporte de vapor d'água igual a 70s m . A cultura hipotética está relacionada a uma superfície gramada, de altura uniforme, possuindo em torno de 3m² de índice de área foliar (IAF) por m² de terreno ocupado, assemelhando-se a uma superfície verde, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo e sem restrição hídrica.

2.4.4 Drenagem de água no solo

É o movimento vertical da água no perfil do solo, após a mesma se infiltrar pela superfície do solo. O movimento de percolação está condicionado à permeabilidade ou

condutividade hidráulica do solo e ao gradiente de potencial formado pela gravidade e pela tensão de umidade. O processo de drenagem profunda consiste na remoção de água do meio poroso, seguida pela substituição de ar, geralmente à pressão atmosférica. O deslocamento da água pelo ar ocorre, porque a pressão da água no poro torna-se menor do que a pressão do ar no mesmo. Assim, ar e água convivem simultaneamente nos poros, onde a pressão do ar excede a pressão da água, em quantidade suficiente para deslocar parte dela (TUCCI, 2001).

2.4.5 Vazão

O estudo da vazão numa bacia hidrográfica é de muita importância em relação ao desempenho hídrico da região, já que permite identificar os meses de maior e menor vazão. A vazão é definida pelo volume que escoar por unidade de área de drenagem e serve para caracterizar o potencial hídrico das bacias hídricas. De acordo com Rodrigues (2004) a disponibilidade hídrica de uma bacia pode ser avaliada pela análise das vazões mínimas observadas no período de estiagem, refletindo o potencial natural disponível para o suprimento dos distintos usos.

A estimativa da vazão máxima é importante para o controle de inundações e dimensionamento de obras hidráulicas, enquanto a vazão média permite caracterizar, além da disponibilidade hídrica, o potencial energético da bacia, sendo a vazão média de longa duração, a vazão máxima possível de ser regularizada. A vazão específica serve como índice comparativo entre bacias e caracteriza o seu potencial hídrico.

Lima (2010) afirma que para o monitoramento contínuo da vazão existem equipamentos que podem ser mantidos no campo e os dados podem ser obtidos de forma indireta, por meio do levantamento contínuo e sistemático do nível da água no curso de água. Os níveis medidos são convertidos em vazão utilizando a relação existente entre esses dois parâmetros, representada pela equação que descreve a curva-chave de vazão de uma determinada estação e para a definição dessa curva, são efetuadas medições de vazão e nível, simultaneamente, abrangendo a maior amplitude possível de variação desses valores no local.

A medição de vazão em cursos de água é realizada, normalmente, de forma indireta, a partir da medição de velocidade ou de nível. Os instrumentos mais comuns para medição de velocidade de água em rios são os molinetes, que são pequenas hélices que giram impulsionadas pela passagem da água. Em situações de medições expeditas, ou de grande carência de recursos, as medições de velocidade podem ser feitas utilizando flutuadores, com resultados muito menos precisos. (COLLISCHONN; TASSI 2008).

Outros métodos mais custosos são a utilização de vertedores e/ou calhas, os quais dispõem de um controle artificial, que consta basicamente de uma parede frontal de concreto assentada sobre o leito da rocha e dotada de um vertedor, um tanque de sedimentação e um poço tranquilizador para a instalação do limnógrafo. No vertedor, a relação cota-vazão é obtida por uma equação determinada experimentalmente, a qual é função da forma geométrica do vertedor (LIMA, 2008).

2.4.6 Armazenamento de água no solo

O solo é o armazenador e o fornecedor de água e nutrientes para as plantas. Assim, a quantidade de água armazenada no solo (umidade do solo) disponível para as raízes das plantas, constitui-se em um dos principais fatores para o estudo da resposta da vegetação em condições de estresse hídrico, bem como dos processos de infiltração, drenagem, condutividade hidráulica e irrigação.

Se a quantidade de água que entra em um volume de solo, num período de tempo maior que a quantidade que dele sai, haverá reposição hídrica e, se sair mais do que entrar, haverá retirada. O saldo de água no solo é obtido pela variação no armazenamento de água no solo, podendo a água sair deste sistema pelos processos de drenagem profunda e evapotranspiração (MENDES, 2006).

A água das chuvas penetra no solo aumentando o armazenamento, contudo, cada tipo de solo apresenta uma capacidade de armazenamento específica (PEREIRA et al., 1997). Assim, as propriedades físicas do solo podem afetar significativamente a sua capacidade de campo. Solos com textura mais fina, em função da sua maior superfície específica, retêm maior quantidade de água, se comparados aos solos de textura grosseira.

Tradicionalmente, a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) são considerados como os limites máximo e mínimo, respectivamente, de água disponível para as plantas. Com base nesses limites é possível determinar a capacidade de armazenamento de água disponível no solo, considerando a profundidade do sistema radicular (BERGAMASCHI et al., 1992). Geralmente, assume-se que a capacidade de campo corresponde a um potencial matricial de 10 kPa, e que o ponto de murcha permanente corresponde a um potencial matricial de 1500 kPa (REICHARDT, 1988; REINERT; REICHERT, 2006).

No cálculo do balanço hídrico se assume que o armazenamento de água no solo varia entre o ponto de murcha e a capacidade de campo, e o excesso, ou seja, a quantidade

de água acima da capacidade de campo do perfil de solo resulta na drenagem profunda ou no escoamento superficial (TOMASELLA; ROSSATO, 2005). Tal faixa de umidade, denominada de capacidade de água disponível (CAD), é mensurada, num dado volume de solo, por meio dos valores de densidade aparente do solo, profundidade do perfil explorado pelas raízes, umidade na capacidade de campo, e umidade no ponto de murcha permanente (PEREIRA et al., 1997).

2.5 Hidrologia comparativa

A hidrologia comparativa é o estudo das características dos processos hidrológicos que são influenciados pelo clima e pela natureza da superfície da terra. (FALKENMARK, 1989). Segundo Chapman (1989) um dos propósitos da hidrologia comparativa é delimitar regiões onde similaridades hidrológicas possam ser assumidas, justificando assim a aplicação de técnicas de transferência das informações dos processos hidrológicos. O uso destas informações pode ser de grande ajuda para um melhor entendimento do comportamento hidrológico das bacias. Nos itens a seguir serão abordadas as ferramentas utilizadas para a interpretação e o entendimento dos dados coletados.

2.5.1 Balanço hídrico

O balanço hídrico é a quantificação dos parâmetros envolvidos no ciclo hidrológico numa área determinada ou bacia hidrográfica e a inter-relação entre eles, dando como resultado um diagnóstico das condições reais do recurso hídrico em sua oferta, disponibilidade e demanda nessa área. Uma vez que o balanço hídrico apresenta um diagnóstico das condições reais dos recursos hídricos em uma determinada área, se permite tomar medidas e estabelecer diretrizes e estratégias para a proteção e uso de uma maneira integrada, de modo a assegurar a sua disponibilidade.

Nas áreas reflorestadas com eucalipto, em áreas cultivadas com pastagem, Farley et al. 2005 e Noretto et al. 2005 afirmam que, este reflorestamento provoca aumento das perdas de água por evapotranspiração e reduz a produtividade de água. Nas bacias cultivadas com floresta de eucalipto, espera-se encontrar um aumento do fluxo de água para o processo de evapotranspiração com a diminuição do fluxo de água na saída da microbacia, comprometendo, assim, a disponibilidade hídrica natural (VON STACKELBERG et al., 2007; NOTTER et al., 2007; THANAPAKPAWIN et al., 2007; NOSETTO et al., 2011).

Por meio do estudo dos componentes do balanço hídrico, pode-se conhecer o rendimento hídrico de uma bacia hidrográfica, indicando sua real disponibilidade de água. Esse conhecimento é importante para o desenvolvimento de determinada cultura.

Os dados de precipitação não são suficientes para se prever a quantidade de água disponível no solo para as culturas, pelo tanto é necessário conhecer também as perdas de água do solo, sejam as relacionadas à evapotranspiração, à drenagem, à vazão, a fim de realizar um manejo adequado das bacias hidrográficas.

2.5.2 Curva de permanência

A curva de permanência expressa a relação entre a vazão e a frequência com que esta vazão é superada ou igualada no tempo. Esta curva de permanência pode ser elaborada a partir de dados de vazão diários, mensais ou anuais. Tal curva fornece uma simples, porém concisa, visão gráfica do comportamento hidrológico de uma bacia, quanto à variabilidade das vazões ao longo do tempo.

Tucci (2004) sinala que a curva de permanência relaciona a vazão, ou nível de um rio, e a probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais ao valor da ordenada, em um período histórico definido. Segundo Cruz e Tucci (2008) a curva de permanência representa a probabilidade de excedência da vazão no tempo, ou seja, é definida como a probabilidade de ocorrência da vazão média diária do rio, se maior ou igual a um determinado valor, no período de sua amostra.

A curva de permanência pode-se constituir em uma importante ferramenta que pode ser empregada para simplificar problemas dos recursos hídricos e permitem explicações fáceis para eles.

2.5.3 Hidrossedimentologia

A erosão do solo é um processo geomórfico natural, que pode ser intensificado quando a ocupação das terras e as práticas de uso e manejo do solo são inadequadas (MARQUES, 2003). O processo erosivo consiste de três fases: desagregação, transporte, e quando não existe energia suficiente para o transporte das partículas desagregadas ocorre a deposição (MORGAN 2005).

O processo inicia com o impacto das gotas de chuva sobre o solo, sendo que a energia cinética da gota de chuva é transferida para o solo, causando a desagregação das partículas de

solo (desagregação física) e também o transporte das partículas em alguns poucos centímetros pelo salpicamento das gotas, levando consigo partículas de solo. A taxa de destacamento é proporcional à energia cinética da chuva, à declividade do terreno e à altura da lâmina de água. Na etapa seguinte, a erosão é controlada pelo escoamento superficial (MARQUES, 2003).

O comportamento de uma bacia em relação à erosão e produção de sedimentos é altamente variável desde as partes mais altas até as planícies. Isso é dependente de características da bacia, tais como rochas e solos, cobertura vegetal, declividades, regime das chuvas, bem como de diversos outros fatores (CARVALHO, 1994). De um modo geral, a maior taxa erosiva se dá no alto da bacia e a menor taxa de erosão, normalmente, se dá nas áreas de baixadas, ocorrendo formação de depósitos de sedimentos. Entretanto, Machado (2002), encontrou que, nas partes mais baixas, houve um aumento da produção de sedimentos, em relação à parte média do declive. Isso se deve principalmente à intensificação do uso do solo nessas áreas, refletindo a importância do manejo adequado do solo.

2.5.4 Aplicação de modelos matemáticos de predição de processos hidrossedimentológicos

O desenvolvimento de modelos de predição dos processos hidrossedimentológicos têm como motivação principal o desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio voltada para o planejamento das ações de conservação do solo e da água. Mediante o uso de modelos diferentes, práticas de controle da erosão podem ser testadas a partir da simulação de diferentes cenários de uso e manejo do solo e variações climáticas. A modelagem pode, em escala tanto espacial como temporal, prover dados do transporte de sedimentos em uma grande área com relativa precisão (GROCHOWSKI et al., 1993).

Os modelos são baseados em relações estatísticas entre variáveis consideradas importantes. Os parâmetros das equações são obtidos por calibração em parcelas experimentais. Esses modelos são utilizados em situações com limitação de dados, sendo importantes na identificação das áreas críticas.

A estimativa dos processos hidrossedimentológicos por meio de modelos matemáticos se torna difícil na medida em que ocorre um aumento de escala onde esses modelos são aplicados. Essa condição ocorre não somente pela natureza variada das fontes de sedimentos, mas principalmente pela complexa relação de transferência dos sedimentos da bacia vertente para a calha fluvial. Nessas condições, a combinação de um levantamento do meio físico, para

indicar os principais processos erosivos que ocorrem na bacia, pode contribuir para a seleção do modelo mais adequado a ser utilizado.

O desenvolvimento e a utilização de modelos de simulação têm se intensificado nos últimos anos e, com o advento da informática, muitas dificuldades operacionais vêm sendo desconsideradas como obstáculos. No entanto, apesar das facilidades criadas, o desenvolvimento e validação de novos modelos ainda é algo complexo, demandando tempo considerável entre sua idealização, calibração e o cumprimento da função a que se destina. Souza (2001), afirma que a escolha do modelo mais adequado é determinado pelo grau de conhecimento do sistema solo/planta/atmosfera e que modelos mais complexos são mais exigentes em dados do solo, cultura e atmosfera, o que pode inviabilizar sua utilização.

Os modelos hidrossedimentológicos, como o LISEM, devidamente calibrados e validados, a partir de séries de dados observados, constituem importante fonte de conhecimento da variação ao longo do tempo das vazões e da produção de sedimentos em bacias hidrográficas.

O LISEM é um modelo com base física para pequenas e médias bacias agrícolas (entre 10 e 300 ha), que simula vazão e concentração de sedimentos durante eventos de chuva, além de fornecer o hidrograma, o sedimentograma, a erosão e a deposição distribuída na bacia, sendo sugerido para modelagem de processos em escala de bacia, eventos, efeito de uso e manejo, fluxos de água e sedimentos (PEREIRA, 2010).

Nos modelos de base física, os resultados são obtidos pela solução de equações físicas que descrevem os processos hidrológicos e erosivos. O uso dessas equações depende da obtenção ou estimativa dos parâmetros necessários, sendo uma limitação para áreas extensas e heterogêneas, onde não existem dados ou há baixo nível de detalhamento (MINELLA et al., 2010; PETAN et al., 2010).

A estrutura de cálculo do modelo é baseada não só em conceitos da física do solo e da hidráulica do escoamento, mas também em conceitos relacionados aos processos de desagregação, transporte de sedimentos e propagação no canal. Assim, modelos distribuídos têm a capacidade de estimar a produção de sedimentos no exutório da bacia, na distribuição espacial da erosão e na deposição na bacia (MINELLA, 2007).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização das bacias

O estudo foi realizado em duas bacias hidrográficas, uma ocupada com plantio de eucalipto (BE) e outra ocupada com campo de pastagem (BC) (Figura 2). As bacias do estudo se localizam junto à BR-473, a 20 km de distância da cidade de São Gabriel. A bacia com Eucalipto (*Eucalyptus saligna*) (BE) está situada na fazenda Horto Florestal Ponta das Canas e pertencente à empresa Celulose Riograndense (CMPC) e está localizada entre as latitudes de 30°30'18'' S e 30°30'47'' S e entre as longitudes de 54°09'09'' WGr a 54°10'17'' WGr, com altitude média de 280 metros.

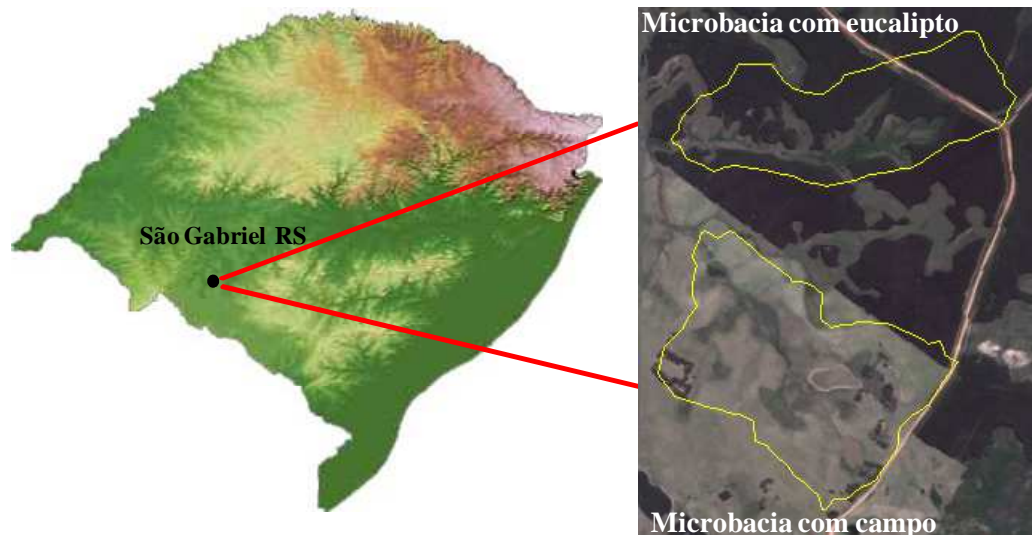


Figura 2. Localização das bacias hidrográficas de eucalipto (BE) e campo (BC), São Gabriel-RS

A bacia de campo com pastagem (BC) é de propriedade particular e situa-se aproximadamente a 5 km da bacia BE, entre as latitudes de 30°30'54'' S e 30°31'35'' S e entre as longitudes de 54°09'17'' WGr a 54°10'14'' WGr, a uma altitude média de 280 metros.

Nessas áreas, segundo Koppen, o clima é classificado como Cfa, caracterizado como subtropical, com verão quente e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. A temperatura média anual é de 18,6 °C e a precipitação média anual é de 1.356 mm (MORENO, 1961). Apesar de as chuvas serem bem distribuídas durante o ano, eventos de estiagem são recorrentes e frequentes em toda a região (Atlas Socioeconômica do Rio Grande do Sul, 2008).

3.2 Características morfométricas das bacias

A Tabela 2 apresenta as principais características das bacias hidrográficas em estudo. As bacias BE e BC possuem área de drenagem igual a 75,8 e 96,2 ha, perímetros de 4,17 e 4,32 km, respectivamente.

O coeficiente de compacidade (K_c) relaciona a forma da bacia com um círculo e constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O K_c é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho (VILLELA e MATTOS, 1975). O K_c foi determinado baseado na seguinte equação:

$$K_c = 0,28 P/\sqrt{A} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: K_c : Coeficiente de compacidade (adimensional); P = perímetro da bacia em Km; A = área da bacia em km^2

A BE e BC apresentaram uma tendência baixa e mediana a enchentes pelos valores de K_c de 1,54 e 1,25, respectivamente, já que segundo Silva e Mello (2008) podem-se classificar as bacias da seguinte forma: $1,00 \leq K_c < 1,25$ são bacias com alta propensão a grandes enchentes; $1,25 \leq K_c < 1,50$ são bacias com tendência mediana a grandes enchentes e $K_c \geq 1,50$ são bacias não sujeitas a grandes enchentes. As redes de drenagem nas duas microbacias em estudo possuem hierarquia de drenagem de segunda ordem.

O tempo de concentração é definido como o tempo necessário para que toda a bacia hidrográfica esteja contribuindo com a água sobre ela precipitada, desde o início da chuva, para uma determinada seção do curso de água ou da superfície da bacia objeto de análise. Dingman (2002) define t_c como um conceito muito útil para visualizar a resposta hidrológica.

O t_c foi determinado baseado na equação de Kirpich (1940):

$$T_c = 0,39 \times \left[\frac{L^2}{S} \right]^{0,385} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: t_c : tempo de concentração em min; L = comprimento da bacia em linha reta do exutório até o divisor, em (km); S = declividade em % .

Tabela 2. Parâmetros físicos das bacias com eucalipto e campo do Horto Florestal Ponta das Canas e Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS

Parâmetros	BE	BC
Área (ha)	75,81	96,21
Perímetro (km)	4,17	4,32
Altitude média (m)	271,84	273,36
Declividade média (%)	7,77	3,08
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,51	1,22
Tempo de concentração tc (min)	15,5	18,8
Ordem dos cursos de água	2ª ordem	2ª ordem

3.3 Características do relevo das bacias hidrográficas

Nas Figuras 3, é apresentado o modelo digital de terreno e as redes de drenagem da BE e BC, respectivamente, nas quais a topografia está representada através de uma escala de cores. Constata-se que a bacia com eucalipto possui um relevo caracterizado pelas áreas de elevações concentradas entre 230 e 315 m de altitude, ao igual que na bacia de campo com pastagem onde as elevações variam entre 255 e 310 m de altitude. A declividade tem uma relação importante com os parâmetros hidrológicos, como: a infiltração da água, a regulação do tempo do escoamento superficial, a umidade do solo e a concentração da água das chuvas no canal principal. Quanto maior for à declividade, maior a relação com os processos erosivos do solo. A declividade dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial. A magnitude dos picos de enchente e a maior ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos depende, da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.

3.4 Uso atual do solo nas bacias hidrográficas

Os principais usos do solo existentes na bacia BE, na Fazenda do Horto Florestal Ponta das Canas, estão apresentadas na Tabela 3 e o mapa com a distribuição do uso do solo, na Figura 4. A vegetação observada na BE esta composta em maior parte por plantio de *Eucalyptus saligna* de sete anos de idade, com 46,7 ha que corresponde a 61,6% do total da área da bacia. O espaçamento do plantio é de 3,0 x 3,3m, com densidade aproximada de 1000 árvores por ha. O diâmetro a altura do peito (DAP) médio e a altura total média das árvores do plantio são de 17 cm e 25 m, respectivamente.

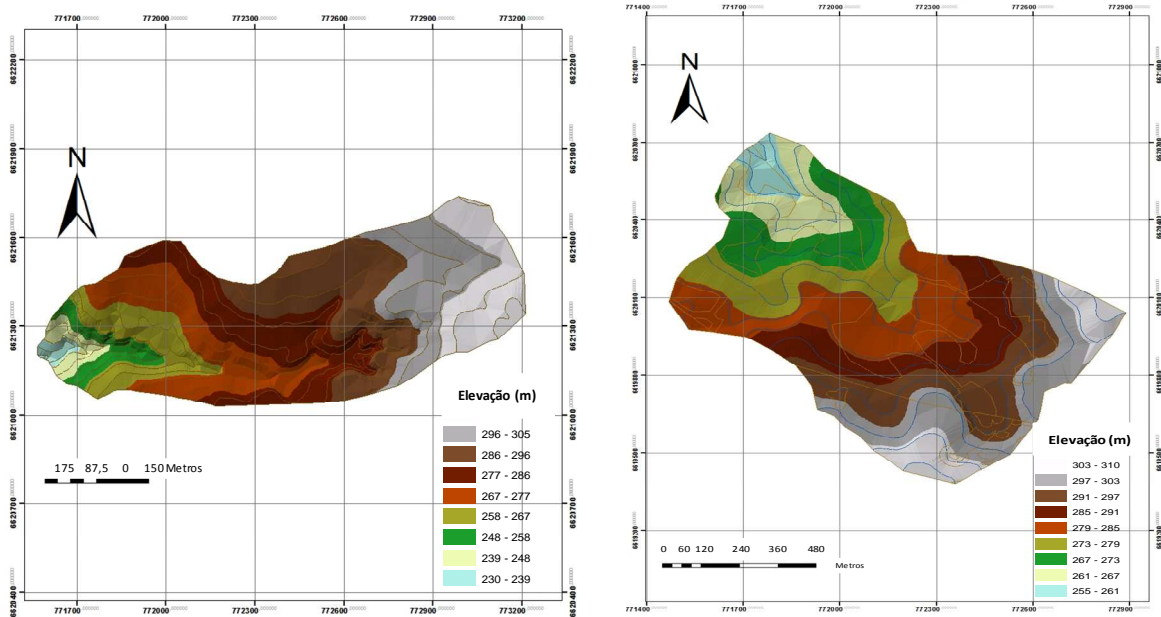


Figura 3. Modelo digital de elevação da BE, no Horto Florestal Ponta das Canas e da BC, na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.

Em segundo lugar encontra-se o campo com vassourais com 16,7 ha que corresponde a 22,07% da área da BE e encontra-se conformado por pastagens e vegetação arbustiva e esta presente no ambiente ribeirinho, acompanhando os cursos d'água (riachos) formados por canais estreitos e leitos rasos. Neste tipo de uso de solo a espécies arbustivas que mais abundam são as espécies *Aloysia gratissima* (Verbenaceae) e *Heterothalamus alienus* (Asteraceae), principalmente (Figura 5a).

Tabela 3. Distribuição do uso do solo na bacia com eucalipto (BE) na Fazenda Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.

Uso do solo	Área	
	ha	%
Eucalipto	46,7	61,60
Campo com vassourais	16,73	22,07
Mata ciliar	6,03	7,95
Estradas	4,37	5,77
Rocha	1,98	2,61
Área Total	75,81	100

Em menor proporção encontram-se as áreas de mata ciliar com 6,03 ha que corresponde a 7,95% da BE, conformada por vegetação arbórea num só estrato, onde predominam os indivíduos com alturas entre 6 e 8 m, como o araticumfolha-de-salceiro (*Rollinia salicifolia*), a carne-de-vaca (*Styrax leprosus*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), a guaçatunga (*Casearia decandra*) a maria-preta (*Diospyros inconstans*), o guabiju (*Myrcianthes pungens*) e canelas (*Ocotea ssp*), além do branquilha (*Sebastiania commersoniana*) que é a espécie mais frequente (Figura 5b).

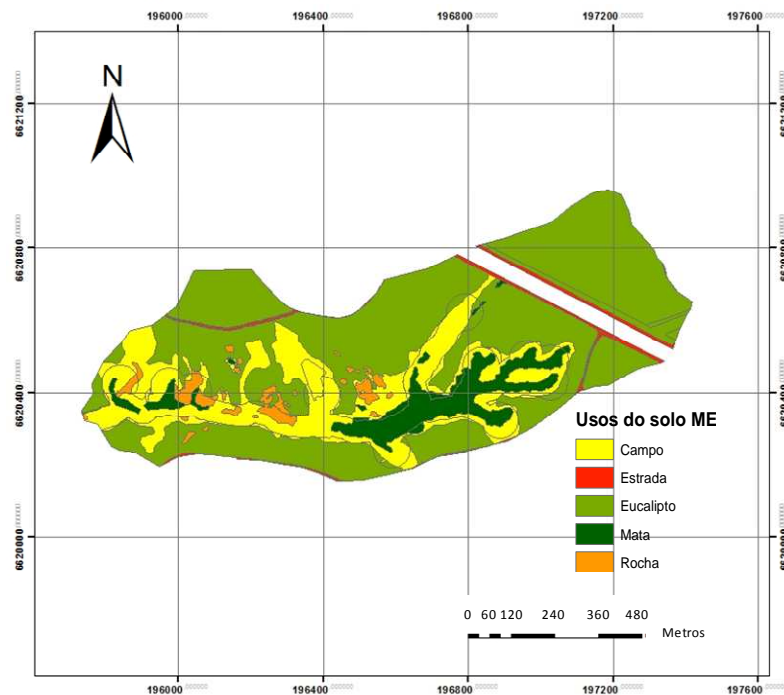


Figura 4. Mapa de uso atual do solo na bacia hidrográfica com eucalipto (BE), no Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.



Figura 5. Aspecto geral da cobertura vegetal na BE. a) campo com vassourais de *Heterothalamus alienus* (Asteraceae), b) mata ciliar.

Na Fazenda Alvorada, onde se encontra a BC, a principal cobertura dos solos é o campo nativo com pastagem, devido à vocação pecuária da fazenda, sendo esta a sua principal atividade econômica. Os campos com pastagem ocupam 92,7% da área total da microbacia BC, sendo 61,68% ocupadas com campo nativo e 31,05% com pasto aveia (*Avena strigosa*) (Tabela 4 e Figura 6).

Tabela 4. Distribuição do uso do solo na bacia de campo com pastagens na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.

Classes de uso	Área	
	(ha)	(%)
Campo nativo	59,33	61,68
Pasto aveia	29,87	31,05
Capões de eucalipto	3,20	3,32
Mata ciliar	2,05	2,13
Lago	1,67	1,73
Casa	0,09	0,09
Total	96,21	100

As áreas de campo nativo (59,33 ha) apresentaram domínio fisionômico de *Saccharum angustifolium*, *Aristida laevis*, *Baccharis riograndensis*, *Andropogon lateralis* e *Eryngium pandanifolium* no estrato superior e, no estrato inferior *Paspalum ssp*, *Axonopus affinis* e *Fimbristylis autumnalis* (Figura 7a).

O pasto aveia (*Avena strigosa*) ocupa uma área de 19,9 ha e é cultivado na fazenda para atender os períodos críticos do ano em que ocorre deficiência de produção de pastagem. O pasto aveia é renovado anualmente e é estabelecido, após a subsolagem. Há mais de duas décadas as pastagens da bacia BC se destinaram ao pastoreio, sofrendo com intenso pisoteio de animais de mediano e grande porte, estas pastagens estão degradadas e os solos expostos à erosão devido a sua pouca cobertura e a ação do vento e chuva (Figura 7b).

Em menor proporção encontra-se as áreas de mata ciliar com 2,05 ha que corresponde a 2,13% da BC, conformada por vegetação arbórea num só estrato, onde se destacam o camboim (*Myrcia bombycina*), o pau-leiteiro (*Sapium longifolium*), a *Mimosa pilulifera*, o açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), topete-de-cardeal (*Calliandra tweediei*), espinheira-santa (*Maytenus muelleri*) e *Calliandra brevipes*, além do branquilha (*Sebastiania commersoniana*) que é a espécie mais frequente (Figura 8a).

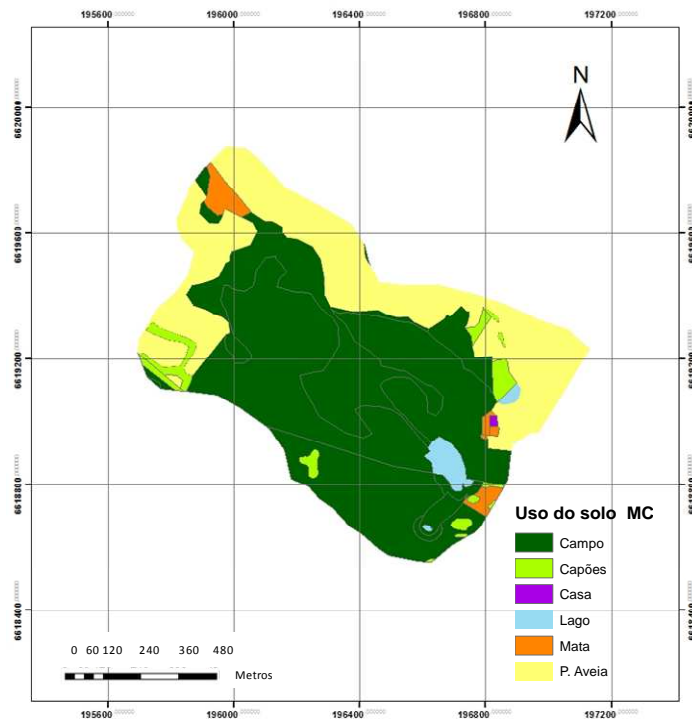


Figura 6. Mapa de uso atual do solo na bacia hidrográfica de campo com pastagem (BC), na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.

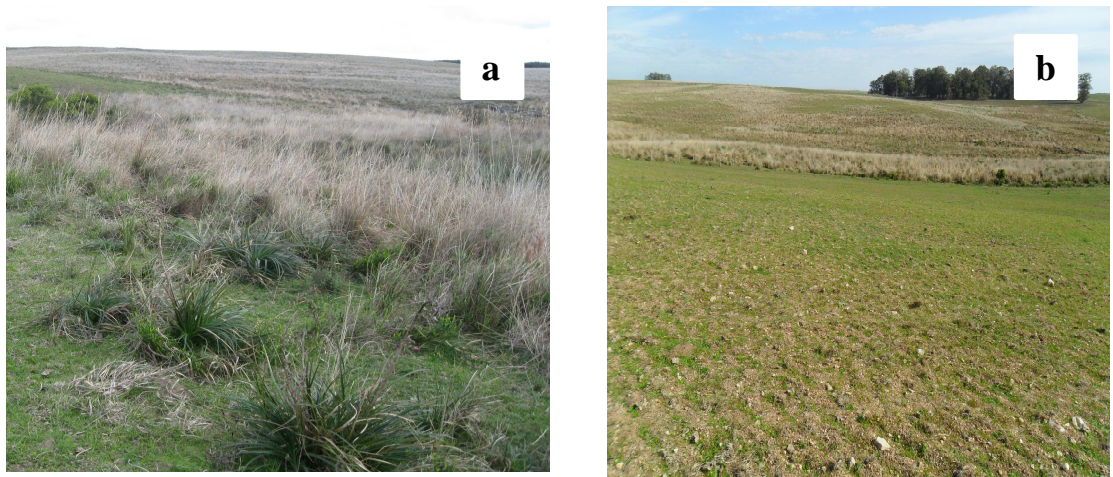


Figura 7. Aspecto geral dos campos na área da Fazenda Alvorada, a) No primeiro plano, *Eryngium horridum* e mais ao fundo *Aristida laevis* que confere aspecto esbranquiçado brilhante ao campo, b) área com pasto aveia (*Avena strigosa*) altamente degradado e o solo exposto à erosão.

Nas áreas mais altas da bacia BC a vegetação se limita a pequenos capões arbóreos ou mesmo a indivíduos isolados de algumas poucas espécies como figueira (*Ficus luschnathiana*), goiaba (*Acca sellowiana*) e branquilha (*Sebastiania commersoniana*), entre outras, que ocupam uma área de 0,69 ha. Igualmente se apresentam capões de eucalipto em

maior proporção, com uma área de 3,5 ha conformados por indivíduos de mais de 20 anos de idade, com DAP entre 0,20 e 1,2 m e altura de mais de 25 m (Figura 8b).



Figura 8 a) Mata ciliar e, b) capões de eucalipto em áreas altas da bacia BC.

3.5 Características dos solos

As classes de solos encontradas nas duas bacias são derivadas da decomposição de rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí, Escudo Sul-riograndense.

O mapa de classes de solo da bacia com eucalipto foi fornecido pela empresa CMPC, enquanto que, o mapa de classes de solos da microbacia com campo foi elaborado a partir do levantamento de amostras de solo georreferenciadas coletadas em diferentes usos e posições na paisagem, seguido do agrupamento destas pelas suas características físicas e morfológicas. Na bacia com eucalipto observam-se as seguintes classes: Argissolo Vermelho Distrófico (PVd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Cambissolo Háptico Alumínico (CX), Neossolo Regolítico Eutrófico (RRe) e Neossolo Litólico Eutrófico (RRe) (Figura 9) e na bacia com campo foram identificados a presença de apenas três classes: Argissolo Vermelho (PV), Cambissolo (C) e Neossolo (R) (Figura 10).

Os Argissolos caracterizam-se por serem solos constituídos por material mineral, que têm como particularidades diferenciais a presença de horizonte B textural, imediatamente abaixo do horizonte A ou E, possuem argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico (EMBRAPA, 2006). Eles apresentam profundidade variável, variando desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. (EMBRAPA, 2006).

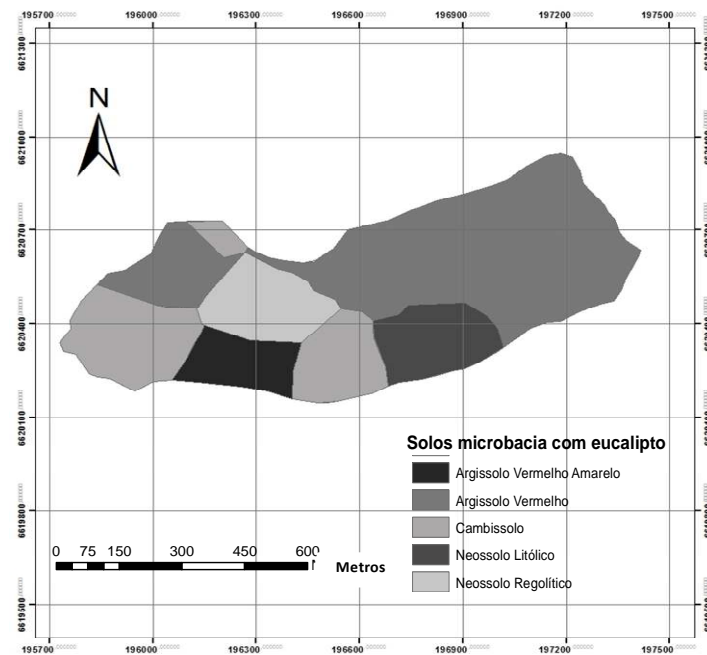


Figura 9. Classes de solo da BE do Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.

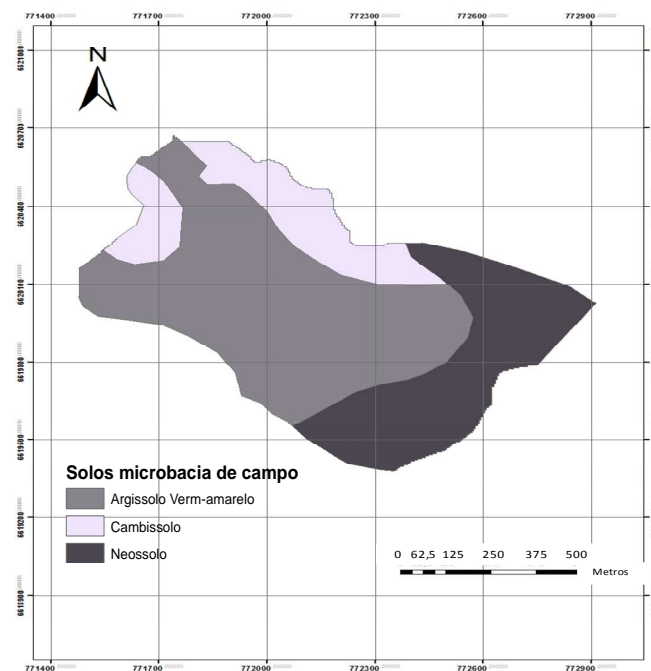


Figura 10. Classes de solo da BC na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.

Na área de estudo, o Argissolo Vermelho e o Argissolo Vermelho-Amarelo, possuem boa drenagem interna, conforme indicativo das cores do horizonte B textural, entretanto, devido ao acúmulo de argila no horizonte subsuperficial e a ocorrência de mudança textural

abrupta, esses solos possuem uma elevada susceptibilidade de erosão em sulcos na camada superficial e de prejuízos ao crescimento das plantas por falta de oxigênio nas raízes quando ocorrem períodos de chuva prolongados, que ocasionam a saturação do solo com água. Outra limitação desses Argissolos é a sua baixa fertilidade natural, pois, são solos distróficos.

Nas bacias avaliadas os Argissolos apresentam horizonte A (0-35 cm) de textura franco arenosa ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso, o horizonte BA (35-50 cm) argilo arenosa, ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso e o horizonte Bt (50-88 cm) muito argilosa, duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso (MORALES, 2013).

Os Cambissolos são solos rasos ou profundos, de formação muito recente, desenvolvidos a partir dos mais diversos tipos de rochas (material de origem) e encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem (STRECK et al., 2008). Estes compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Os Cambissolos são solos em processos de transformação, razão pela qual tem características insuficientes para serem enquadrados em outras classes de solos mais desenvolvidos. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam de local para outro. Assim, a classe comporta desde solos rasos a profundos, com drenagem que variam de fortemente drenados a imperfeitamente drenados, com diferentes cores, de alta ou baixa saturação por bases e atividade química da fração argila (EMBRAPA, 2006).

Nas bacias avaliadas, as áreas com predomínio de Cambissolo Háptico apresentam substrato gnaisse e encontram-se nos locais de relevo ondulado. O horizonte A (0-22 cm) tem textura franco argilo arenosa, macia, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, o horizonte BA (22-55 cm) com textura franco argilo arenosa cascalhenta, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso e horizonte Bi (55-95 cm) de textura argilo arenosa com cascalho, duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso (MORALES, 2013).

Os Neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou seja, em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (EMBRAPA, 2006).

Os Neossolos são rasos, pedregosos, com horizonte A assentado sobre a rocha inalterada ou parcialmente alterada e saturação de bases baixas. Estes solos tem baixas capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo e alta susceptibilidade à erosão hídrica (EMBRAPA, 2006; STRECK et al., 2008).

Nas bacias avaliadas, as áreas com predomínio de Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico apresentam substrato gnaisse do Complexo Cambaí e encontram-se nos locais de relevo ondulado a forte ondulado, com horizonte A (0-25 cm) de textura franca arenosa com cascalho, maciça, pouco poroso, ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, o horizonte AC (25-42 cm) franco argilo arenosa com cascalho, maciça, pouco pososo, ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, e o horizonte Cr (42-90 cm) franco argilosa cascalhenta (MORALES, 2013).

3.6 Características físico-hídricas do solo

Amostras de solo preservadas e não preservadas foram coletadas para a caracterização físico-hídrica nas duas bacias, para a qual foram estabelecidos 29 pontos de amostragem na BE e 22 pontos na BC, tratando de cobrir os diferentes tipos de solo, cobertura e relevo. As camadas de coleta foram de 0 - 20 e 20 - 40 cm, com quatro repetições. Foram determinadas a textura, porosidade total, a macro e microporosidade, a densidade do solo e a condutividade hidráulica do solo saturado (EMBRAPA, 1997).

As amostras com estrutura preservada foram saturadas e usadas para determinar a curva de retenção da água nas tensões de 1, 6 e 10 kPa em coluna de areia (REINERT e REICHERT, 2006). Para estimar a retenção de água nas tensões 33 e 100 kPa foram utilizadas as painéis de pressão de Richards e para as tensões 500, 1000 e 1500 kPa foi utilizado o medidor de potencial de ponto de orvalho WP4-PotentialMeter.

A curva de retenção de água no solo foi obtida pela relação entre a umidade e o potencial da água no solo, sendo o modelo de Van Genuchten (1980) ajustado aos dados. A diferença do conteúdo de água a 10 kPa e 1500 kPa foi utilizada para calcular a quantidade de água disponível no solo.

3.7 Monitoramento das variáveis hidrológicas

As Figuras 11 e 12 apresentam os pontos de monitoramento das diferentes variáveis hidrológicas nas duas bacias em estudo.

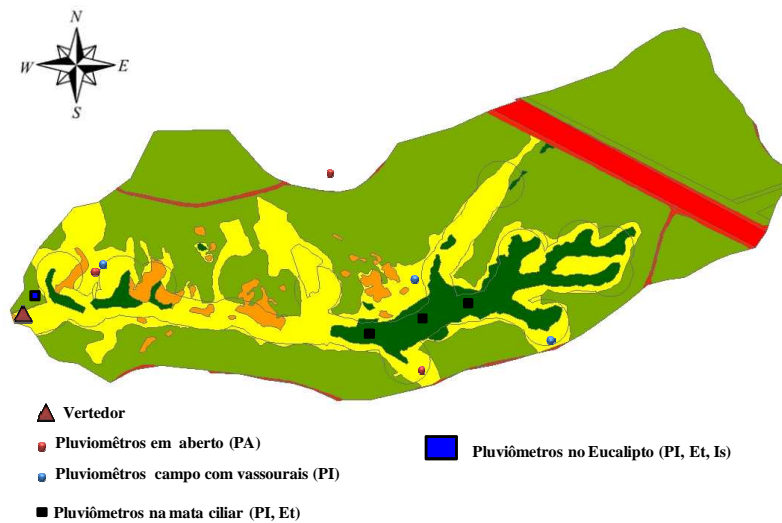


Figura 11. Pontos de monitoramento dos diferentes componentes do balanço hídrico (PA: precipitação; PI: precipitação interna; Et: escoamento pelo tronco; Is: Interceptação pela serrapilheira) na bacia BE na Fazenda Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.

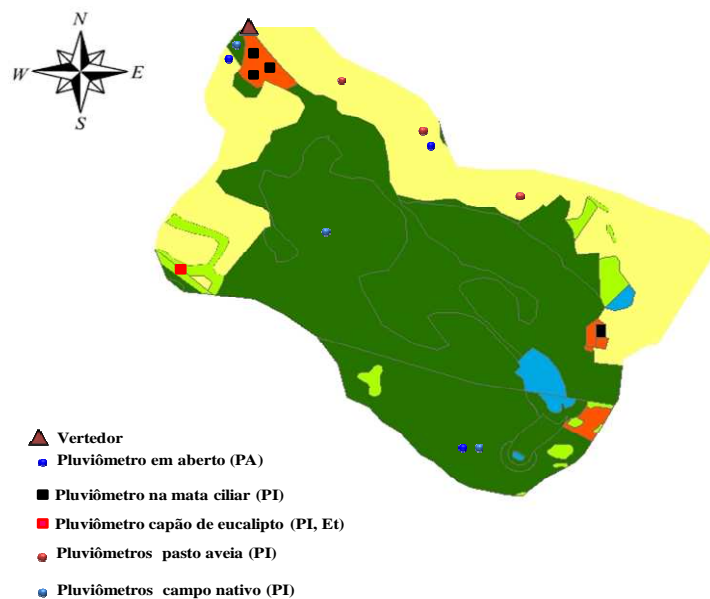


Figura 12. Pontos de monitoramento dos componentes do balanço hídrico (PA: precipitação; PI: precipitação interna; Et: escoamento pelo tronco) na bacia BC na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.

3.7.1 Precipitação (P)

A fim de verificar a distribuição espacial das chuvas nas duas bacias (plantação de eucalipto e campo com pastagem), foram instalados três pluviômetros em distintas partes de cada bacia. Esses pluviômetros também serviram para corrigir os valores fornecidos pelos

pluviógrafos. Os pluviômetros foram feitos de PVC com uma área de captação de 162,86 cm², nivelados e posicionados a 1,50 m de altura do solo (Figura 13). Os pluviômetros foram acoplados individualmente a recipientes plásticos com capacidade para armazenar até 20 litros de água e foram instalados em áreas onde não há interferências pela cobertura vegetal. As leituras nos pluviômetros foram feitas quinzenalmente e no vertedor de cada bacia as leituras foram feitas por um pluviógrafo a cada 10 minutos.

A área de cada pluviômetro é de 0,0163 m² e a precipitação (mm) foi determinada pela equação 3:

$$P_i = V_i / 0,0163 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que: P_i = precipitação da repetição i (mm); V_i = volume acumulado no pluviômetro i (L).

Para obter a precipitação em cada uma das bacias foi calculada a média aritmética dos valores de água medida nos três pluviômetros.

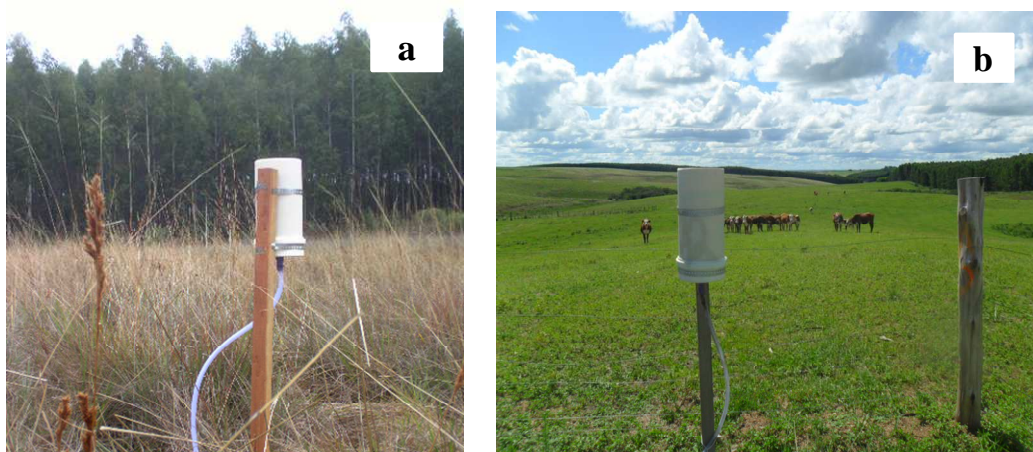


Figura 13. a) pluviômetro para quantificar a água das chuvas no aberto na bacia com eucalipto, b) pluviômetro no aberto na bacia de campo com pastagens.

3.7.2 Precipitação efetiva (P_e)

A precipitação efetiva (P_e) é a chuva que atinge o solo. A P_e na bacia BE foi calculada para cada tipo de cobertura. Para a área com plantio de eucalipto, a P_e foi calculada pela diferença entre a precipitação interna mais o escoamento pelo tronco menos a interceptação pela serrapilheira, como mostra a equação 4:

$$P_{e_i} = (P_{I_i} + E_{t_i}) - I_{S_i} \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo, Pe_i = precipitação efetiva no plantio de eucalipto da repetição i (mm); PI_i = precipitação interna da repetição i (mm); Et_i = escoamento pelo tronco da repetição i (mm); IS_i = interceptação pela serrapilheira da repetição i (mm).

Na área com mata ciliar, a precipitação efetiva foi calculada pela equação 5:

$$Pe_i = PI_i + Et_i \quad (\text{Eq. 5})$$

Sendo: Pe_i = precipitação efetiva da repetição i (mm); PI_i = precipitação interna da repetição i (mm); Et_i = escoamento pelo tronco da repetição i (mm).

Na área com pastagem, como não se avaliou o escoamento pelo tronco, considerou-se a precipitação efetiva igual à precipitação interna.

3.7.3 Interceptação (Int)

A interceptação vegetal foi estimada para cada tipo de cobertura e cada bacia foi calculada por diferença, conforme a equação 6:

$$Int = P - Pe \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que: Int = interceptação vegetal (mm); P = precipitação (mm); Pe = precipitação efetiva (mm).

Para a quantificação da interceptação em cada bacia, realizou-se uma ponderação das médias da interceptação de cada tipo de cobertura pela área representativa de cada tipo de uso do solo dentro da bacia, conforme a equação 7:

$$Int = (Int_A * A_A\%) + (Int_B * A_B\%) + \dots + (Int_N * A_N\%) \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que : Int = interceptação total da bacia no período considerado (mm); Int_A = interceptação da cultura A no período considerado (mm); $A_A\%$ = área relativa da cultura A em relação à área total da bacia (%); Int_B = interceptação da cultura B no período considerado (mm); $A_B\%$ = área relativa da cultura B em relação à área total da bacia (%); Int_N = interceptação da cultura N no período considerado (mm); $A_N\%$ = área relativa da cultura N em relação à área total da bacia (%).

3.7.4 Precipitação interna (PI)

Para a medição da precipitação interna no plantio de eucalipto, foram instalados pluviômetros lineares numa parcela de 900 m² (30 x 30m), para reduzir a variabilidade

especial da distribuição das chuvas baixo da cobertura do plantio de eucalipto. Os pluviômetros lineares foram feitos de PVC de 10 cm de largura e 290 cm de comprimento e posicionados a 0,50 m de altura do solo e com 2% de pendente. Cada pluviômetro linear teve na extremidade inferior uma mangueira plástica que leva a água a uma bombona plástica com capacidade de armazenamento de 80 L de água (Figura 14a).

Instalaram-se seis pluviômetros lineares (repetições), que foram arranjados em duas posições: três na linha entre árvores e três na entrelinha das árvores (Figura 14b). A área de cada coletor foi de 0,290 m². A precipitação interna em cada repetição foi determinada pela soma do volume de água acumulada nos coletores divididos na área, conforme a equação 8:

$$PI_i = V_i / 0,290 \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que: PI_i = precipitação interna na repetição i (mm); V_i = volume de água acumulada no coletor da repetição i (L).

Para monitorar a precipitação interna na mata ciliar nas duas bacias, foram demarcadas três parcelas (repetições) de 5 x 5 m distribuídas na área. Em cada repetição foram instalados quatro coletores construídos com garrafas pets, com área individual de captação igual a 83,3 cm² e conectados a uma bombona plástica com capacidade de armazenamento de 20 L de água (Figura 15).



Figura 14. a) Pluviômetro linear de 0,29 m² de área de captação, b) Pluviômetros lineares para quantificar a precipitação interna sob plantação de eucalipto na BE.



Figura 15. Coletores de precipitação interna nas áreas com mata ciliar.

A precipitação interna em cada repetição foi determinada pela soma do volume de água acumulada nos coletores divididos no somatório das áreas ($0,333 \text{ m}^2$), conforme a equação 9:

$$PI_i = \sum V_i / 0,0333 \quad (\text{Eq. 9})$$

Em que: PI_i = precipitação interna na repetição i (mm); $\sum V_i$ = volume de água acumulada nos coletores da repetição i (L).

Nas áreas ocupadas com pastagem foram instalados três pluviômetros (repetições) de PVC compostos de 8 bocas de 4,4 cm de diâmetro, com área individual de captação igual a $15,2 \text{ cm}^2$ niveladas e fixadas a canos de PVC de 20 mm de diâmetro, com uma altura aproximada de 10 cm sobre o nível do solo e conectados a um recipiente plástico com capacidade para armazenar até 20 litros de água (Figura 16).



Figura 16. (a) Coletor de precipitação interna de 8 bocas, (b) coletor na área com pasto aveia e (c) coletor no campo nativo.

A quantidade de precipitação de cada pluviômetro foi determinada a partir do volume de água escoado e do somatório de todas as áreas de captação das 8 bocas (0,0122 m²), conforme a equação 10:

$$PI_i = V_i / 0,0122 \quad (\text{Eq. 10})$$

Em que: PI_i = precipitação interna na repetição i (mm); V_i = volume de água escoado do coletor da repetição i (L).

Para obter a precipitação interna nas diferentes coberturas vegetais foi calculada a média aritmética dos valores de água medida nas três repetições.

3.7.5 Escoamento de água pelo tronco (Et)

Para a quantificação da água que escorre pelo tronco das árvores, foi feito o inventário diagnóstico do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total das árvores dentro da bacia. As árvores apresentaram diâmetros entre 15 e 18 cm e alturas entre 20 e 21,5 m. Como não foram observadas grandes diferenças nestas duas variáveis, se instalou uma parcela de 900 m², onde foram selecionadas 12 árvores com diâmetros de tronco representativos para a área, nestes, foram instalados coletores de água confeccionados com mangueiras plásticas transparentes, de uma polegada, espuma de poliuretano e silicone transparente, e foram instalados a 1,30 m do solo.

A casca foi removida a partir dos 1,30 cm de altura da árvore, deixando uma superfície lisa de 1 metro de comprimento para a fixação de mangueiras plásticas. As mangueiras foram cortadas no sentido longitudinal e foram fixadas no tronco por meio da espuma de poliuretano e silicone incolor, formando canaletas coletoras na forma de espiral. Na extremidade inferior, a mangueira desembocou em duas bombonas plásticas com capacidade para armazenar até 40 litros de água (Figura 17a).

Para o escoamento pelo tronco na área com mata ciliar foi feito o inventário do diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores dentro das três parcelas de 5m x 5m, e foram selecionadas nove árvores (três por parcela) com diâmetros de tronco representativos para a área, nos quais foram instaladas mangueiras coletoras na forma de espiral, conectadas a bombonas plásticas (Figura 17b).

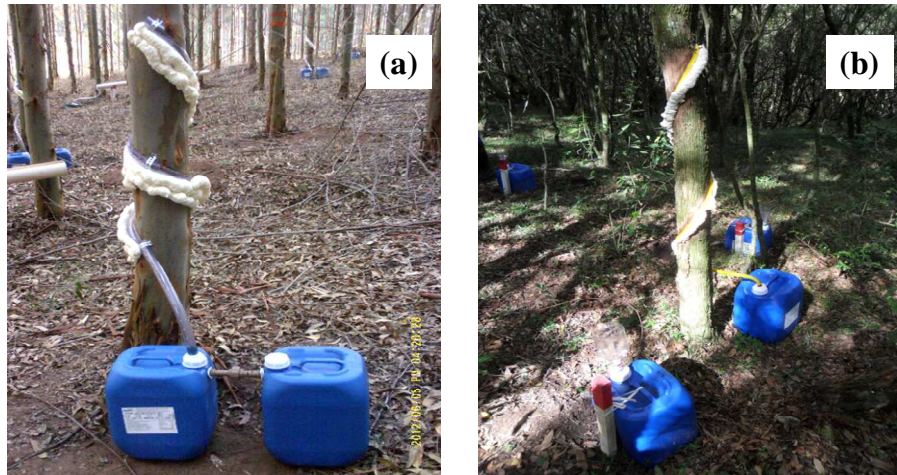


Figura 17. Canaletas coletoras na forma de espiral para quantificação do escoamento de água pelo tronco nas árvores de eucalipto (a) e na mata ciliar (b).

O escoamento pelo tronco em cada árvore foi determinado pela equação 11:

$$Et_i = V_i / A_i \quad (\text{Eq. 11})$$

Em que: Et_i = escoamento pelo tronco da árvore i (mm); V_i = volume de água escoado pelo tronco da árvore i (L); A = área da copa da árvore i (m^2).

3.7.6 Intercepção da chuva pela serrapilheira (I_s) na BE

Para a quantificação da água que atravessa a camada de serrapilheira no eucalipto da BE, foram instalados no subsolo seis infiltrômetros (repetições), arranjados em duas posições: três na linha entre árvores e três na estrelinha das árvores. Cada infiltrômetro foi construído de PVC com uma área de captação de $162,86 \text{ cm}^2$, com 2% de inclinação interna, nivelados e posicionados ao nível do solo e sob a serrapilheira.

Cada interceptador possui uma tampa com malha de 2 mm para permitir a entrada de água que drena a serrapilheira e está conectado por uma mangueira a um reservatório com capacidade para armazenar até 20 L de água (Figura 18a). Em cada infiltrômetro colocou-se outro anel de PVC com diâmetro maior (200 mm), o qual foi enterrado no solo até 50% de sua altura, com o fim de evitar que a água escoada sobre a superfície do solo entrasse no infiltrômetro (Figura 18b).

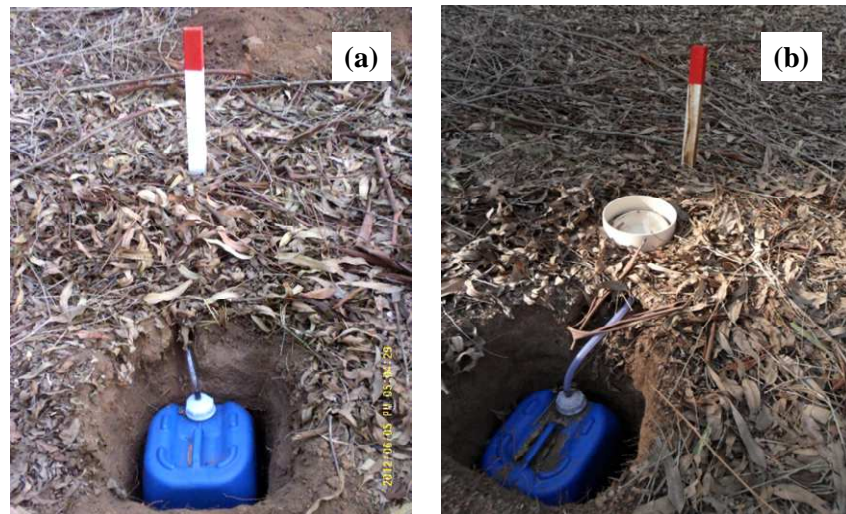


Figura 18. a) Intercepção da água pela serrapilheira no plantio de eucalipto, b) interceptômetro com anel duplo para quantificar a água drenada da camada da serrapilheira.

O volume de água drenado da camada de serrapilheira (DIS) em cada repetição foi determinado pela soma do volume de água acumulada no coletor dividido na área do coletor, conforme a equação 12:

$$DIS_i = V_i / 0,0163 \quad (\text{Eq. 12})$$

Em que: DIS_i = drenagem interna da serrapilheira na repetição i (mm); V_i = volume de água drenada da serrapilheira e acumulada no coletor da repetição i (L).

A intercepção de água da chuva pela serrapilheira foi calculada por meio da diferença entre a precipitação interna menos a lâmina de água que atravessou a camada de serrapilheira (DIS), empregando a equação 13:

$$IS_i = PI_i - DIS_i \quad (\text{Eq. 13})$$

Em que: IS_i = intercepção pela serrapilheira da repetição i (mm); PI_i = precipitação interna da repetição i (mm); DIS_i = drenagem interna da serrapilheira na repetição i (mm).

Pelo fato de a quantidade e espessura da camada de serrapilheira ser pouca nas áreas de mata ciliar, nas duas bacias, a intercepção da chuva pela serrapilheira nestas áreas não foi quantificada (Figuras 5b e 8a).

3.7.7 Drenagem de água no solo

A drenagem é considerada como o excesso de água perdida por percolação e ocorre quando o solo atinge a capacidade de campo e o excesso de água se perde por drenagem profunda e vai reabastecer o lençol freático.

Para quantificar a água que drena livremente no solo, devido à gravidade, foram instaladas três calhas no subsolo em cada bacia. Foram feitas trincheiras de 1 m x 1 m x 1 m para a instalação das calhas na posição de 60 cm de profundidade e foram feitos orifícios no perfil do solo para o posicionamento das mesmas.

As calhas foram feitas de alumínio com um diâmetro de 26 cm, com uma pendente interna de 2%. O interior da caixa foi preenchido com uma camada de brita envolta por uma manta sintética (bidim), de modo a evitar o entupimento e propiciar um melhor funcionamento do sistema de drenagem. Cada calha foi conectada por mangueira a um galão para coletar a água drenada do solo. A área de cada calha foi de 0,0531 m² e a drenagem em cada calha foi determinado pela equação 14.

$$Dre_i = V_i / 0,0531 \quad (\text{Eq. 14})$$

Em que: Dre = drenagem de água no solo na calha i (mm); V = volume de água acumulado no coletor i (L).

3.8 Balanço hídrico

A tabulação, a organização dos dados e os cálculos foram realizados no programa Microsoft Office Excel. O cálculo do balanço hídrico foi iniciado a partir do momento que a precipitação acumulada foi suficiente para atingir a capacidade máxima de água disponível pelo solo. No anexo 1 são apresentadas as etapas do cálculo do balanço hídrico e nos anexos 2 e 3 são apresentados os cálculos do balanço hídrico das bacias com eucalipto e campo, respectivamente.

3.8.5 Estimativa da Evapotranspiração

Para o cálculo da evapotranspiração potencial diária (ET_o), utilizou-se o programa CROPWAT 8.0 da FAO. Os parâmetros de entrada do CROPWAT 8.0 foram a temperatura

máxima e mínima em ° C, a umidade relativa em %, o vento em m s⁻¹, a insolação em horas e a radiação em MJ m⁻² dia⁻¹, e estimada utilizando os dados climatológicos da estação meteorológica localizada na bacia BE numa torre de 35 m de altura e da estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na cidade de São Gabriel, RS, acerca de 20 km das fazendas Horto Florestal de Ponta das Canas e Alvorada.

A evapotranspiração potencial diária (ET_o), foi calculada usando a equação FAO Penman-Monteih (Equação 16), a qual é baseado na determinação dos balanços de energia e no balanço aerodinâmico e sua equação final é a seguinte:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (\text{Eq. 16})$$

Em que:

ET_o = evapotranspiração potencial diária (mm dia⁻¹),
R_n = radiação líquida na superfície (MJ m⁻² dia⁻¹),
G = fluxo do calor do solo (MJ m⁻² dia⁻¹),
T = temperatura média do ar a 2 metros do solo (°C),
U₂ = velocidade do vento a 2 metros sobre o solo (m s⁻¹),
e_s = pressão de vapor de saturação (kPa),
e_a = pressão de vapor atual (kPa),
e_s – e_a = déficit de Pressão de vapor de saturação (kPa),
Δ = declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹),
γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

A estimativa da evapotranspiração real diária é realizada utilizando um fator de correção (k) calculado a partir da comparação da evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real (OLIVEIRA, 1999).

Neste estudo a estimativa da evapotranspiração real diária foi realizada utilizando um fator de correção trimestral. A estimativa da evapotranspiração real trimestral (ET_{trim}) foi calculada considerando os seguintes pressupostos:

1. O armazenamento de água no solo no trimestre tende a zero.

P_{trim} = Q_{trim} + ET_{trim} + Dre_{trim} ± Δs_{trim}, assumindo Δs_{trim} → 0, então, reescrevemos a equação na forma:

$$ET_{trim} = P_{trim} - Q_{trim} - Dre_{trim} \quad (\text{Eq. 17})$$

Em que: ET_{trim} = evapotranspiração real no trimestre i (mm); P_{trim} = precipitação no trimestre i (mm); Q_{trim} = vazão no trimestre i (mm); Dre_{trim} = drenagem de água no solo no trimestre i (mm).

A precipitação e vazão trimestral foram calculadas pela soma dos valores diários de cada trimestre. Já a drenagem foi estimada pela soma dos valores quinzenais de cada trimestre calculados com a equação 14, descrita no item 3.7.7.

2. Somando os valores diários da evapotranspiração potencial de cada trimestre, temos a evapotranspiração potencial trimestral (ETp_{trim}), e dividindo a evapotranspiração real trimestral pela evapotranspiração potencial trimestral se obtém um fator de correlação entre essas duas variáveis (K_{trim}).

$$k_{trim} = ETr_{trim} / ETp_{trim} \quad (\text{Eq. 18})$$

Para cada trimestre temos um fator k de conversão da evapotranspiração potencial acumulada no trimestre para evapotranspiração real acumulada no trimestre. Os valores do K_{trim} 1, K_{trim} 2, K_{trim} 3 e K_{trim} 4 foram 0,6; 0,6; 0,7 e 0,7 para a BC e 0,7; 0,8; 0,8 e 0,9 para BE, respectivamente.

3. O fator de conversão (k_{trim}) de cada trimestre foi multiplicado pelos valores da evapotranspiração potencial diária (ETp_i), e dessa forma foi estimada a evapotranspiração real diária:

$$ETr_i = k_{trim} \times ETp_i \quad (\text{Eq. 19})$$

4. Importante salientar que esse método apresenta forte grau de incerteza, já que não foi determinado se o armazenamento tende a zero na escala trimestral, semestral ou anual. Entretanto, na escala de bacia, com múltiplos usos, essa estratégia permite corrigir, mesmo que grosseiramente os valores de evapotranspiração diária potencial em real.

3.8.1 Capacidade de armazenamento de água no solo (CRA)

O cálculo da reserva de água do solo está relacionado à capacidade de campo dos solos. É geralmente aceito para fins de cálculo do balanço hídrico que a capacidade de retenção máxima de água no solo é definida pelo conteúdo de água na capacidade de campo,

já que qualquer excesso de água irá drenar pelo efeito da gravidade. A capacidade de campo é definida como a quantidade de água que um solo armazena, após saturações a partir do momento que a drenagem é assumida como desprezível. A determinação da capacidade de campo se realizou no laboratório de solos da UFSM, utilizando a curva de retenção de água no solo. A equação 20 mostra a estimativa da capacidade máxima de retenção de água no solo na capacidade de campo (CRA) é o produto:

$$\text{CRA} = 10 \times \Sigma (\text{U}_{\text{cci}} \times \Delta_{\text{zi}}) \quad (\text{Eq. 20})$$

Em que: CRA= retenção de água de todas as camadas $i = 1, 2, \dots, n$ (mm); U_{cci} = umidade do solo na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) da camada i ; e Δ_{zi} = espessura da camada de solo i (cm).

O limite inferior da última camada do solo foi estabelecido para coincidir com a profundidade efetiva das raízes, a bacia com eucalipto foi de 40 cm e para a bacia de campo com pastagem de 20 cm. A capacidade máxima de retenção de água no solo para BE foi de 88,4 mm e para BC foi de 64,2, mm.

3.8.2 Armazenamento de água no solo

O cálculo do armazenamento de água diária no solo, em cada bacia, foi realizado pela soma entre o armazenamento de água no dia anterior mais a precipitação incidente menos a vazão e a evapotranspiração do dia considerado, conforme a Equação 21:

$$\text{ARM}_i = \text{ARM}_{i-1} + \text{P}_i - \text{Q}_i - \text{ETr}_i \quad (\text{Eq. 21})$$

Em que: ARM_i = armazenamento de água no dia i (mm); ARM_{i-1} = armazenamento de água no dia anterior (mm); P = precipitação medida em aberto no dia i (mm); ETr_i = evapotranspiração real no dia i (mm); Q_i = vazão no dia i (mm).

O armazenamento de água diária no solo só pode tomar valores entre 0 (solo seco) e o armazenamento máximo de água no solo. Quando o resultado da Eq.21 superar a CRA, o ARM é igualado ao valor de CRA.

3.8.3 Variação de umidade no solo (ΔS)

É o resultado da diferença entre o valor do armazenamento de água no dia considerado e o armazenamento de água no dia anterior e foi estimada da seguinte maneira:

$$\Delta S_i = ARM_i - ARM_{i-1} \quad (\text{Eq. 22})$$

Em que: ARM_i = armazenamento de água no dia i (mm); ARM_{i-1} = armazenamento de água no dia anterior (mm).

3.8.4 Estimativa da drenagem de água no solo

A drenagem foi estimada a partir da equação do balanço hídrico, uma vez que se conhecem os valores de precipitação, evapotranspiração, vazão e variação da umidade do solo, da seguinte maneira:

$$Dre_i = P_i - ETr_i - Q_i - \Delta S_i \quad (\text{Eq. 23})$$

Em que: Dre_i = drenagem ou percolação de água no solo no dia i (mm); P = precipitação no dia i (mm); ETr_i = evapotranspiração real no dia i (mm); Q_i = vazão no dia i (mm); ΔS_i = variação da umidade do solo no dia i (mm).

A Eq. 23 resultará Dre_i igual a zero sempre que o ARM for menor que a CRA. Quando o ARM supera a CRA, a parcela que excedeu a CRA no cálculo [$ARM_i - ARM_{i-1} = P_i - Q_i - ETr_i$] é a diferença [$P_i - ETr_i - Q_i - \Delta S_i$], que representa a Dre_i .

3.9 Perdas de água e solo na escala de parcela

A estimativa da perda de água e solo nas duas bacias foi quantificada somente nos usos de solo mais representativos de cada microbacia, sendo o plantio de eucalipto na BE e de campo nativo na BC.

A quantificação da perda de água e solo foi obtida pela construção de seis sistemas coletores, três no plantio de *Eucalyptus saligna* e três no campo nativo (repetições), com área de 3x1m e 9% de inclinação. Cada coletor na parte superior e nas bordaduras laterais teve chapas de ferro, com altura de 10 cm sobre o nível do solo. Na extremidade inferior o coletor tinha uma calha de lâmina galvanizada, de um metro de largura, que conduziu o montante

escoado para um reservatório de 220 L, onde foram realizadas as respectivas leituras (Figura 19).

A quantidade de água escoada pela superfície do solo tanto no plantio de eucalipto como em campo nativo foi determinada a partir da média dos três coletores em cada tipo de uso, conforme a equação 24:

$$ESC_i = V_i / A_i \quad (\text{Eq. 24})$$

Em que: ESC_i = escoamento superficial no período i ($L\ m^{-2}$); V_i = volume de água escoado no coletor no período i (L); A_i = área da parcela (m^2).

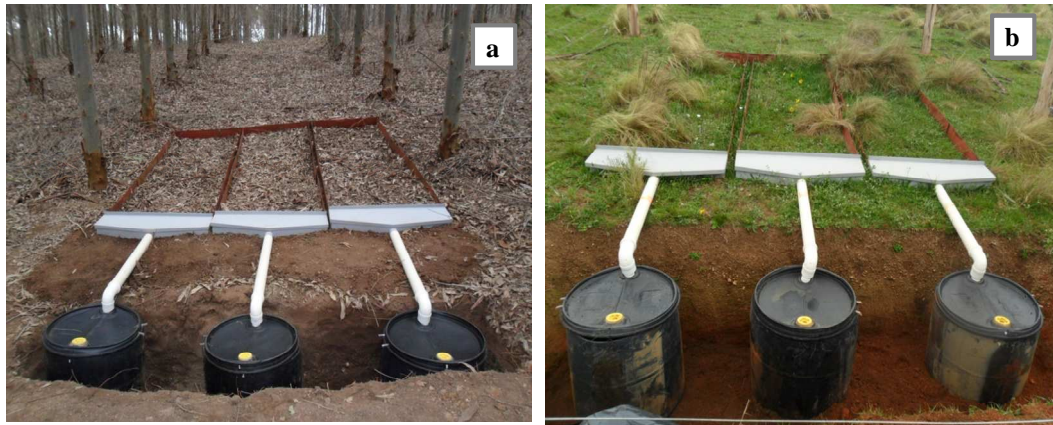


Figura 19. a) Parcelas de escoamento superficial e perda de solo no plantio de eucalipto e b) no campo nativo.

A quantidade de solo erodido tanto no plantio de eucalipto como em campo nativo, foi determinada a partir da média dos três coletores em cada bacia, conforme a equação 25:

$$E_i = PS_i / A_i \quad (\text{Eq. 25})$$

Em que: E_i = perda de solo para o período i ($g\ m^{-2}$); PS_i = peso de solo seco para o período i (g); A_i = área da parcela (m^2).

3.10 Fluviometria e sedimentologia

Pares de dados de vazão e de concentração de sedimentos foram coletados diariamente. Os dados obtidos no monitoramento foram utilizados na quantificação das descargas sólidas e líquidas nas duas microbacias em estudo.

3.10.1 Determinação das descargas líquidas

As determinações das descargas líquidas foram feitas em duas estruturas de medição, uma situada no leito principal do canal que capta toda contribuição da bacia com plantio de eucalipto (BE) (Figura 20 a), e a outra no leito principal do canal que capta toda contribuição da microbacia de campo com pastagens (BC) (Figura 20 b).

Para o registro automático e monitoramento contínuo das descargas líquidas, foram instalados, em ambas, seções sensores de nível (linígrafos), turbidez (turbidímetros), precipitação (pluviógrafos), datalogger e painel solar, instalados próximos aos vertedores. O datalogger instalado junto aos vertedores armazena os dados em intervalos de tempo fixos de 10 min, dos pluviógrafos, linígrafos e turbidímetros. Igualmente, para o registro das cotas, foi instalada em cada uma das estruturas uma régua linimétrica, tendo como referência o fundo de cada calha.

Os linígrafos digitais registram e armazenam ininterruptamente a data, hora e variação da altura da lâmina da água. Mensalmente os dados armazenados foram baixados em um computador portátil. A partir das equações de vazão dos vertedores fornecidos pela empresa Celulose Riograndense (CMPC), obteve os dados diários de vazão em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, em cada bacia.

O sistema de medições de vazão do vertedor na bacia com eucalipto (BE) é dividido em cinco estruturas (Figura 21) e a equação 26 permite calcular a vazão do vertedor.



Figura 20. a) Vertedor situado na bacia com plantio de eucalipto na Fazenda Horto Florestal Ponta das Canas, b) Vertedor situado na bacia de campo com Pastagem na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.

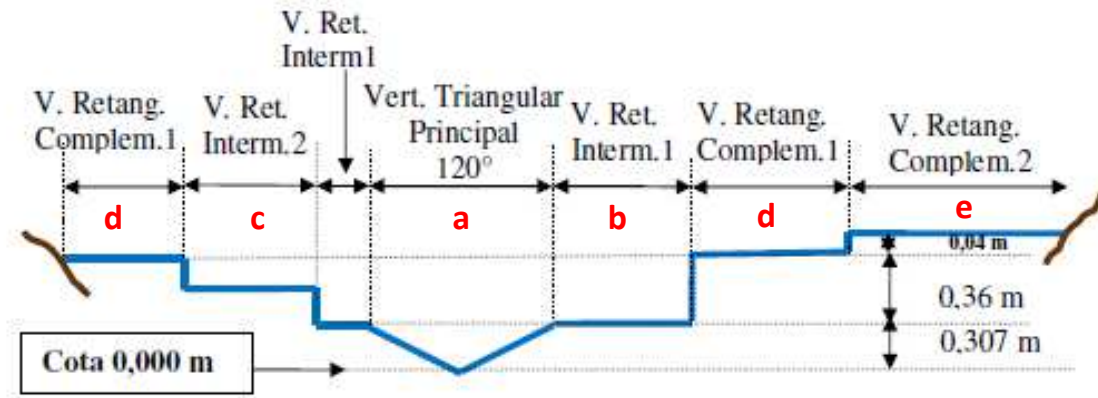


Figura 21. Sistema de medições de vazão do vertedor na bacia com eucalipto, na Fazenda Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.

$$Q = Q_{TP} + Q_{RI-1} + Q_{RI-2} + Q_{RC-1} + Q_{RC-S} \quad (\text{Eq. 26})$$

Em que: Q_{TP} = Vertedor Triangular Principal (a); Q_{RI-1} = Vertedor Retangular Intermediário 1 (b); Q_{RI-2} = Vertedor Retangular Intermediário 2 (c); Q_{RC-1} = Vertedor Triangular Complementar 1 (d); Q_{RC-S} = Vertedor Retangular Complementar 2 (e).

A equação 27 calcula a vazão do Vertedor Triangular Principal:

$$Q_{TP} = 2,40 [h^{2,50} - (h - 0,307)^{2,50}] \quad (\text{Eq. 27})$$

Em que: Q_{TP} = Vazão em $m^3 s^{-1}$; h = carga em m (nível de água).

A equação 28 calcula a vazão do Vertedor Retangular Intermediário 1:

$$Q_{RI-1} = 2,21 (h - 0,307)^{1,50} \quad (\text{Eq. 28})$$

Em que: Q_{RI-1} = Vazão em $m^3 s^{-1}$; h = carga em m (nível de água).

A equação 29 calcula a vazão do Vertedor Retangular Intermediário 2:

$$Q_{RI-2} = 1,87 (h - 0,507)^{1,50} \quad (\text{Eq. 29})$$

Em que: Q_{RI-2} = Vazão em $m^3 s^{-1}$; h = carga em m (nível de água).

A equação 30 calcula a vazão do Vertedor Retangular Complementar 1;

$$Q_{RC-1} = 12,77 (h - 0,667)^{1,50} \quad (\text{Eq. 30})$$

Em que: Q_{RC-1} = Vazão em $m^3 s^{-1}$; h = carga em m (nível de água).

A equação 31 calcula a vazão do Vertedor Retangular Complementar 2;

$$Q_{RC-2} = 2,32 (h - 0,707)^{1,50} \quad (\text{Eq. 31})$$

Onde: Q_{RC-2} = Vazão em $m^3 s^{-1}$; h = carga em m (nível de água).

O sistema de medições de vazão do vertedor na microbacia de campo com pastagem (BC) é dividido em quatro estruturas (Figura 22) e a equação 32 permite calcular a vazão do vertedor.

$$Q = Q_{TP} + Q_{RI-1} + Q_{RI-2} + Q_{RC} \quad (\text{Eq. 32})$$

Em que: Q_{TP} = Vertedor Triangular Principal (a); Q_{RI-1} = Vertedor Retangular Intermediário 1 (b); Q_{RI-2} = Vertedor Retangular Intermediário 2 (c); Q_{RC} = Vertedor Retangular Complementar; (d).

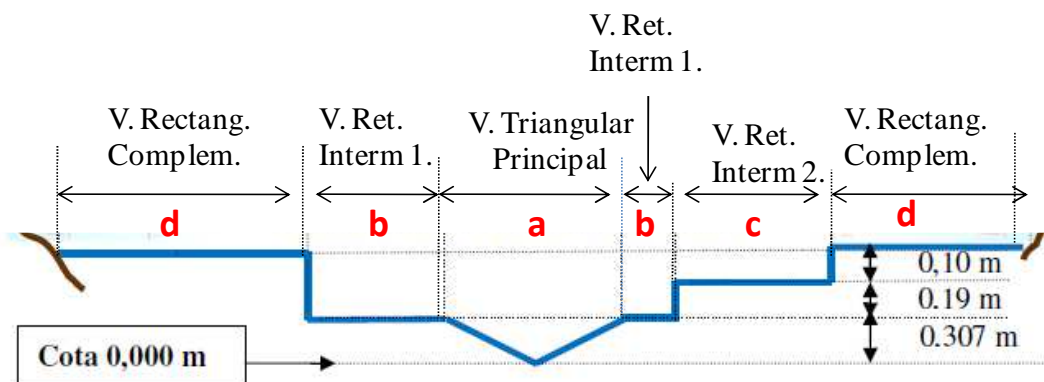


Figura 22. Sistema de medições de vazão do vertedor na bacia de campo com pastagem, na Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.

A equação 33 calcula a vazão do Vertedor Triangular Principal:

$$Q_{TP} = 2,40 [h^{2,50} - (h - 0,307)^{2,50}] \quad (\text{Eq. 33})$$

Em que: Q_{TP} = Vazão em $m^3 s^{-1}$; h = carga em m (nível de água).

A equação 34 calcula a vazão do Vertedor Retangular Intermediário 1:

$$Q_{RI-1} = 3,16 (h - 0,307)^{1,50} \quad (\text{Eq. 34})$$

Em que: Q_{RI-1} = Vazão em $m^3 s^{-1}$; h = carga em m (nível de água)

A equação 35 calcula a vazão do Vertedor Retangular Intermediário 2:

$$Q_{RI-2} = 5,50 (h - 0,497)^{1,50} \quad (\text{Eq. 35})$$

Em que: Q_{RI-2} = Vazão em $m^3 s^{-1}$; h = carga em m (nível de água).

A equação 36 calcula a vazão do Vertedor Retangular Complementar;

$$Q_{RC} = 12,68 (h - 0,597)^{1,50} \quad (\text{Eq. 36})$$

Em que: Q_{RC} = Vazão em $m^3 s^{-1}$; h = carga em m (nível de água).

3.10.2 Curvas de permanência

O efeito das diferentes coberturas vegetais, das duas bacias (eucalipto e campo com pastagem) sobre as vazões, foi estudado pela comparação dos valores de vazão específica média diária. O cálculo da vazão específica ($L s^{-1} km^{-2}$) foi realizado pela relação entre a vazão dada, em $L s^{-1}$, e a área da respectiva bacia, em km^2 .

A vazão específica média diária associada à permanência de 95% (q95%) foi obtida da curva de permanência, a qual foi construída pela definição de intervalos de classe, a partir dos valores de vazão específica média diária observada em cada bacia e pela associação de cada uma das classes ao número de registros observados em cada intervalo (TUCCI, 2007).

3.10.3 Descargas sólidas nas bacias

A carga total de sedimentos, transportada em um curso de água, consiste na soma das cargas em suspensão e de arraste, provenientes da ação erosiva que o movimento da água exerce sobre as margens e o fundo do leito e dos sedimentos erodidos das vertentes da bacia hidrográfica. Assim, as diferenças nas proporções de sedimentos transportadas em suspensão ou em arraste refletem processos erosivos distintos, que necessitam de métodos de monitoramento também distintos.

3.10.3.1 Descarga sólida de sedimentos transportados em suspensão

No presente estudo, o monitoramento contínuo para estimativa da concentração de sedimentos em suspensão foi realizado utilizando-se turbidímetros instalados nas seções de monitoramento das duas microbacias.

Para validação dos dados registrados pelos turbidímetros, amostras de descarga sólida foram coletadas nas duas microbacias durante eventos de chuva. Para a amostragem de sedimento em suspensão foi usando o amostrador US – DH-48 e as amostragens foram realizadas manualmente a cada variação na altura da lâmina de água, sendo o número e a frequência de amostragem definidos de acordo com as condições de cada evento.

A concentração de sedimentos em suspensão foi quantificada pelo método da evaporação e pesagem do material coletado (água + sedimentos suspensos + sólidos dissolvidos), no laboratório de Física do Solo da UFSM.

Durante o período foram analisadas 55 amostras da BE e 50 da BC, de mistura água+sedimento, coletadas durante o período de 1º de agosto de 2012 a 30 de setembro de 2013, que foram obtidas de sete eventos de cheia, monitorados que ocorreram durante esse período. Após a terminação, a descarga sólida em suspensão para cada medição, foram traçadas as curvas chaves de sedimentos x turbidez apresentadas na Figura 23.

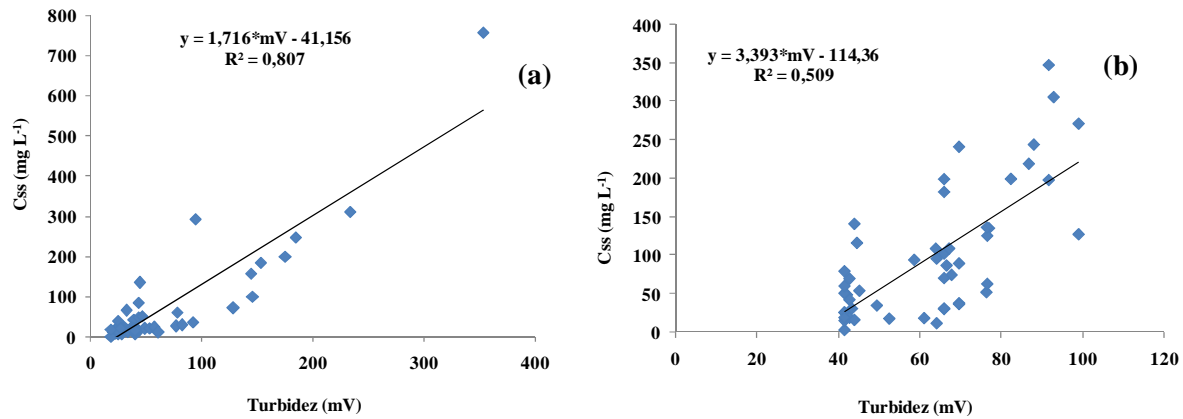


Figura 23. Relação entre turbidez e concentração de sedimentos em suspensão para estimativa da C_{ss} e da produção de sedimentos para as bacias de eucalipto (a) e campo (b), São Gabriel RS.

A descarga sólida suspensa foi determinada pelo somatório do produto entre a concentração de sedimento suspenso (C_{ss}) e a respectiva descarga líquida (Q_l), medidos no exutório das duas bacias com a equação 37:

$$Q_{ss} = \sum (C_{ssi} * Q_{li}) * 0,0864 \quad (\text{Eq. 37})$$

Em que: Q_{ss} = descarga sólida suspensa ($t \text{ dia}^{-1}$); C_{ss} = concentração de sedimento em suspensão ($mg \text{ l}^{-1}$); Q_l = vazão ($m^3 \text{ s}^{-1}$). O fator numérico da multiplicação representa a conversão de unidades para $t \text{ dia}^{-1}$.

Salienta-se que a C_{ss} foi estimada com baixa acurácia para a bacia de campo, pois a equação da Figura 23 (b) explicou 51% da variância da C_{ss} .

3.10.3.2 Descarga em arraste

As amostragens de descarga sólida de fundo foram efetuadas utilizando-se um amostrador do tipo BLH-84, que é composto por um bocal quadrado, um saco de amostragem com malha de tamanho conhecido (250 micrômetros) e uma armação para dar peso e equilíbrio ao amostrador. As medidas de transporte de arraste foram realizadas a montante do vertedor.

As medidas diretas da descarga de fundo foram feitas em toda a largura da seção, em cinco pontos equidistantes. Em cada um desses pontos da seção, o amostrador foi apoiado no leito do canal e mantido em repouso, coletando-se 40 subamostras de solo para compor uma amostra. Após a coleta, as amostras foram levadas ao Laboratório de Física da UFSM e a

quantificação do sedimento transportado em arraste foi efetuada mediante secagem, peneiramento e pesagem do material coletado.

Os valores quantitativos ou valores da descarga sólida de fundo foram determinados através da equação 38, estabelecida por Gray (2005):

$$Q_{sf} = \sum_i^n \frac{m}{W * t} * L * 0,0864 \quad (\text{Eq. 38})$$

Em que: Q_{sf} = descarga sólida de fundo (Mg.dia^{-1}); m = massa do sedimento (g); w = largura do bocal (m); t = tempo de amostragem (s); L = largura do leito (m); 0,0864 = fator de conversão de unidades para Mg.dia^{-1} .

3.11 Simulação hidrológica com o modelo LISEM

As Bacias hidrográficas de eucalipto e campo são bacias pequenas e para visualizar o efeito das coberturas nos processos hidrossedimentológicos, faz-se necessário o entendimento dos processos para a posterior gestão dos recursos naturais. Os processos hidrossedimentológicos foram modelados neste estudo mediante a utilização do modelo LISEM (Limburg Soil Erosion Model) modelo de base física, distribuído e incorporado a um SIG, o qual simula a hidrologia e o transporte de sedimentos durante e após um evento de chuva nas bacias pequenas e médias, entre 10 e 300 ha. O modelo simula os efeitos do uso do solo e os efeitos de introduzir medidas de conservação do solo (DE ROOT et al., 1996).

Como o modelo fornece o hidrograma, o sedimentograma e a distribuição espacial da erosão e da deposição de sedimentos nas bacias, as informações podem ser utilizadas para avaliar os efeitos das coberturas e do manejo nos processos hidrossedimentológicos.

O modelo precisa de mapas que possuem características especializadas sobre o relevo, solo e vegetação das microbacias hidrográficas em estudo. Para obter esses mapas é necessário inserir mapas bases no PCRaster, juntamente com os valores dos parâmetros utilizados para caracterizá-los. Os mapas bases são: delimitação da área de captação da bacia, classe de solo, uso do solo, modelo numérico do terreno, rede de drenagem e estradas.

Para a utilização do modelo LISEM são necessárias informações relacionadas às características físicas do solo, vegetação, superfície do solo e a base cartográfica, os quais são descritos a continuação:

3.11.1 Cobertura vegetal

Foram elaborados mapas de cobertura vegetal em linguagem PCRaster, de acordo as características de cada uso do solo das duas microbacias. As informações requeridas pelo LISEM para a simulação do escoamento superficial direto e da interceptação da precipitação são o índice de área foliar (IAF) e a fração de cada cobertura vegetal.

O LISEM realiza a estimativa da interceptação de acordo com a equação 39 (ASTON, 1979):

$$S = C_p S_{\max} [1 - e^{-K \frac{P_{\text{acum}}}{S_{\max}}}] \quad (\text{Eq. 39})$$

Em que: S é a interceptação acumulada (mm), Pacum é a precipitação acumulada (mm), K é um fator de correção para densidades de vegetação (igual 0.046 LAI), Cp é a fração da cobertura vegetal, Smax é o máximo armazenamento do dossel (mm) estimado a partir do índice de área foliar (IAF, m² de folhas m⁻² de solo), equação 40:

$$S_{\max} = 0,935 + 0,498 \text{ LAI} - 0,00575 \text{ LAI}^2 \quad (\text{Eq. 40})$$

3.11.2 Infiltração de água no solo

O LISEM apresenta várias equações para a estimativa da infiltração. Neste trabalho, o processo foi simulado pelo modelo de Green & Ampt. De acordo com Rodrigues & Pruski (1997) dentre os vários modelos disponíveis para estimar a infiltração da água no solo, o de Green-Ampt (GA) é um dos que apresentam maior potencial de utilização, devido à sua simplicidade e por estar fundamentado no processo físico da infiltração. Este modelo, proposto por Green & Ampt (1911) expressa a infiltração em função da condutividade hidráulica do solo saturado, do potencial matricial na frente de umedecimento e das umidades inicial e de saturação do solo, e não do tempo de ocorrência do processo.

3.11.3 Armazenamento em depressões

Na bacia hidrográfica existem obstruções naturais e artificiais ao escoamento, acumulando parte do volume precipitado. O armazenamento em microdepressões é simulado por uma equação que utiliza a rugosidade da camada superficial do solo como principal parâmetro (equação 41):

$$\mathbf{RET_{MAX} = 0,112 RR + 0,031 RR^2 - 0,012 RR S} \quad \mathbf{(Eq. 41)}$$

Em que: RET_{MAX} = armazenamento máximo em depressões (mm); RR = rugosidade superficial (cm) S = declividade do terreno (%).

O excesso de chuva requerido para preencher todas as depressões é calculado com a equação 42, desenvolvida por Onstad (1984):

$$\mathbf{RETrain = 0,329 RR + 0,073 RR^2 - 0,018 RR S} \quad \mathbf{(Eq. 42)}$$

Em que: $RETrain$ é o excesso de chuva necessário para preencher as depressões (mm).

Durante um evento pode ocorrer armazenamento em microrrelevos, sem escoamento; armazenamento em microrrelevos adicionais acompanhado de escoamento; e escoamento somente com o preenchimento dos microrrelevos. O início do escoamento nos dois primeiros estágios pode ser simulado pela equação 43:

$$\mathbf{DET_{START} = RET_{RAIN} [0,0527 RR - 0,0049 N]} \quad \mathbf{(Eq. 43)}$$

Em que: DET_{START} = é o excesso de chuva necessário para o início do escoamento (mm).

A fração máxima de superfície coberta por água é calculada usando uma equação 44, desenvolvida por Onstad (1984) com o mesmo conjunto de dados para calcular o excesso de chuva que é necessário para iniciar o escoamento superficial.

$$\mathbf{FWA_{MAX} = 0,152 RR - 0,008 RR^2 - 0,008 RR N} \quad \mathbf{(Eq. 44)}$$

Em que: FWA_{MAX} = fração máxima da superfície coberta com água.

A fração atual da superfície coberta com água é calculada usando uma relação baseada no trabalho de Moore e Larson (1979) e Onstad (1984), equação 45:

$$\mathbf{FWA = FWA_{MAX} [RET/RET_{MAX}]^{0,6}} \quad \mathbf{(Eq. 45)}$$

Em que: FWA = fração atual da superfície coberta com água; RET = armazenamento de água nas microdepressões.

3.11.4 Escoamento superficial e fluxo do canal

As características da infiltração variam de acordo com cada superfície. Assim, uma altura média de lâmina de água é estimada, resultando em um raio hidráulico médio da seção transversal e a velocidade, então, é calculada pela equação de Manning, equação 46:

$$V = \frac{R^{2/3} * N^{1/3}}{n} \quad (\text{Eq. 46})$$

Em que: v = velocidade média da água ($m\ s^{-1}$); R = raio hidráulico da seção transversal (m); N = declividade (adimensional); e n = coeficiente de Manning (adimensional).

A magnitude do fluxo que entra no canal é determinada pela equação 47.

$$f = \frac{V}{0,5 * (L_{célula} - L_{canal})} \quad (\text{Eq. 47})$$

Em que: f = fluxo que entra no canal ($m^3\ s^{-1}$); V = velocidade média da célula ($m\ s^{-1}$); $L_{célula}$ = largura da célula (m); L_{canal} = largura do canal (m).

A descarga líquida é calculada de acordo com a equação 48 de Manning:

$$Q = \frac{A}{n} * R^{2/3} * N^{1/2} \quad (\text{Eq. 48})$$

Em que: Q = descarga líquida ($m^3\ s^{-1}$); A = área da seção transversal úmida (m^2); n = coeficiente de Manning (adimensional); R = raio hidráulico da seção transversal (m); N = declividade do fundo do canal (adimensional).

Salienta-se que as Eq 46, 47 e 48 são equações empíricas e a unidade resultante não pode ser deduzida das unidades das grandezas com as quais elas foram relacionadas.

3.11.5 Levantamento dos dados de entrada para a simulação hidrológica

Para a simulação hidrológica no LISEM, se obtiveram dados de coletas em campo e de análises de laboratório, onde foram feitas amostragem das bacias com eucalipto e pastagem de acordo com o relevo e com o tipo e uso do solo, para a caracterização físico-hídrica. As características do solo determinadas nas duas bacias foram a condutividade hidráulica saturada, a porosidade, a granulométrica, a coesão do solo, a rugosidade e a estabilidade de agregados.

3.11.6 Índice de área foliar (IAF)

Neste estudo, o dado do índice de área foliar (IAF) para *Eucalyptus saligna* foi obtido da informação fornecida pela empresa Celulose Riograndense para esta espécie, a qual estimou um índice de área foliar médio de $3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$.

3.11.7 Coeficiente n de Manning e rugosidade superficial aleatória

O valor do coeficiente n de Manning foi tomado da literatura, conforme Haan et al. (1993) e a rugosidade superficial aleatória (RR) foi determinada em campo, para as duas bacias, utilizando-se um perfilômetro (Figura24) com 1 metro de comprimento e leituras tomadas de 5 a 5 cm. Foram amostrados 51 pontos na bacia com eucalipto e 60 pontos na bacia com campo, contemplando os diferentes usos do solo. O valor de RR utilizado no modelo LISEM foi o desvio padrão dos valores das medições realizadas no campo para cada uso do solo, em cada bacia.

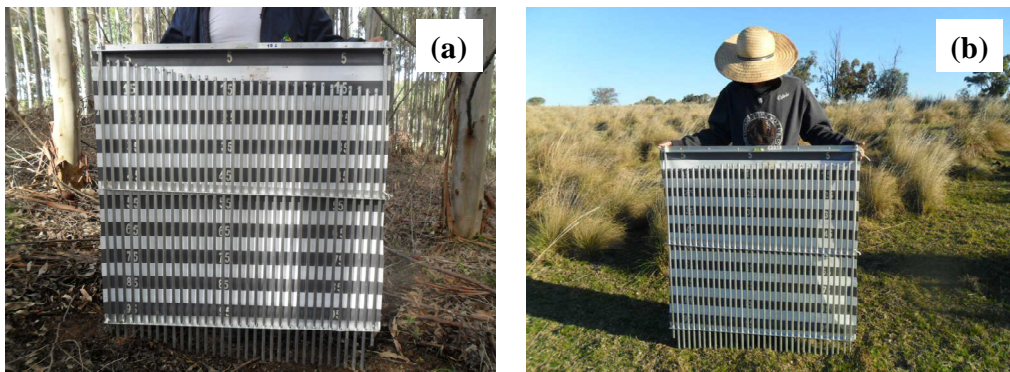


Figura 24. Medição da rugosidade superficial aleatória com o perfilômetro na microbacia com eucalipto (a) e campo (b), São Gabriel-RS.

3.11.8 Características hidráulicas e físicas

- Porosidade do solo

A microporosidade e porosidade total do solo foram determinadas pela curva de retenção de água no solo, nas tensões de 6 e 10 KPa, respectivamente. A macroporosidade foi obtida pela diferença entre elas.

- Potencial matricial na frente de umedecimento (Ψ_m)

Considerou-se necessário ou importante fazer um balanço hídrico diário para conhecer a umidade inicial do solo. O potencial matricial na frente de umedecimento foi estimado por meio da aplicação da equação desenvolvida por Rawls et al. (1983) com base na textura e porosidade do solo, de acordo com a equação 49.

$$\Psi_m = \text{EXP} (6,5309 - 7,3256 * \text{VTP} + 0,0011583 * \text{Arg}^2 + 3,809479 * \text{VTP}^2 + 0,0003444 * \text{Are} * \text{Arg} - 0,049837 * \text{Are} * \text{VTP} + 0,001608 * \text{Are}^2 * \text{VTP}^2 + 0,001602 * \text{Arg}^2 * \text{VTP}^2 - 0,000014 * \text{Are}^2 * \text{Arg} - 0,00348 * \text{Arg}^2 * \text{VTP} - 0,0008 * \text{Are}^2 * \text{VTP}) \quad (\text{Eq. 49})$$

Em que: Ψ_m = potencial matricial na frente de umedecimento (mm), VTP = porosidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), Are = percentual da fração areia (%) e Arg = percentual da fração argila (%).

A utilização da Eq. 49, no cálculo de Ψ_m , facilita a utilização da equação de Green-Ampt, de vez que dispensa o conhecimento da curva de retenção de água no solo, fazendo-se necessário apenas o conhecimento da textura e da porosidade do solo, que são parâmetros mais fáceis de serem obtidos; percebe-se, porém, que uma simulação melhor do processo é obtida quando se considera o valor da umidade inicial do solo no cálculo de Ψ_m , o que não ocorre com o uso da equação de Rawls (CECÍLIO et al., 2003).

- Condutividade hidráulica saturada

A Ksat foi determinada no laboratório com o uso do permeâmetro de carga constante. As amostragens foram feitas em diferentes pontos da BE e BC conforme o relevo, tipo e uso do solo mais característico em cada bacia. No laboratório, as mostras foram preparadas e colocadas para saturar por 48 horas, para depois determinar a condutividade hidráulica segundo a equação de Darcy (Equação 50).

$$K_{\text{sat}} = \frac{Q L}{A H t} \quad (\text{Eq. 50})$$

Em que: Ksat é a condutividade hidráulica do solo saturado (cm h^{-1}), Q volume de água percolado na amostra de solo contida no anel (cm^3), L é a altura do cilindro (cm), H carga constante (cm), A corresponde à área do cilindro (cm^2) e t é o tempo (h).

- Coesão do solo

A coesão do solo foi medida diretamente no campo com o aparelho Torvane, nas duas bacias, depois de uma chuva e quando o solo se encontrava úmido. Procurou-se fazer as medições em locais próximos aos pontos onde foram coletadas as amostras de solo para a caracterização físico-hídrica. Foram feitas aproximadamente 20 medidas de coesão do solo, em cada bacia, tendo em conta as diferentes coberturas do solo, classe de solo e relevo. Em cada ponto se tomaram seis repetições num raio de 2 m.

- Diâmetro médio – D50

A análise granulométrica do solo foi feita no laboratório de solos, quantificando o teor de cascalho e areia por meio de peneiramento. O teor de argila e silte foram obtidos pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). Posteriormente, foi estimada a mediana.

- Estabilidade de agregados

A metodologia empregada para determinar a estabilidade de agregados foi baseada no método descrito por McCalla (1944) e modificada por Imeson e Vis (1984). Para simular a desagregação foi construído um dispositivo, usando o princípio do frasco de Mariotte, para o qual uma garrafa de plástico de 5 L foi conectada a um dispositivo para infusão, com controle de fluxo. Este dispositivo para aplicação de soro fisiológico consta de uma câmara flexível gotejadora em macro gotas, mangueira em PVC, pinça rolete para dosagem de volume e tamanho de gota e válvula de ar (Figura 25a). Também foi disposta uma bombona de 23 L para alimentar de água a garrafa de 5 L, como aparece na Figura 25b. Com este conjunto de elementos foi possível gerar uma série de gotas de tamanho uniforme (4 mm de diâmetro) e dentro de uma determinada frequência (12 gotas em 10 segundos), com uma energia cinética de $4,3 \times 10^{-4}$ J (Figura 25c).

Para cada tipo de uso do solo foram utilizados agregados de 4,8 mm de diâmetro, os quais foram obtidos por peneiramento do solo. Para avaliar a desagregação, cada agregado, depois de ajustado sua umidade na mesa de tensão a 1 kPa, foi colocado sobre uma peneira de 2,8 mm e submetido ao impacto de sucessivas gotas até desagregar 50% da massa. Essa condição era atingida quando o agregado passava pela malha de 2,8 mm (MORO, 2011). Posteriormente, foi estimada a mediana do número de gotas.

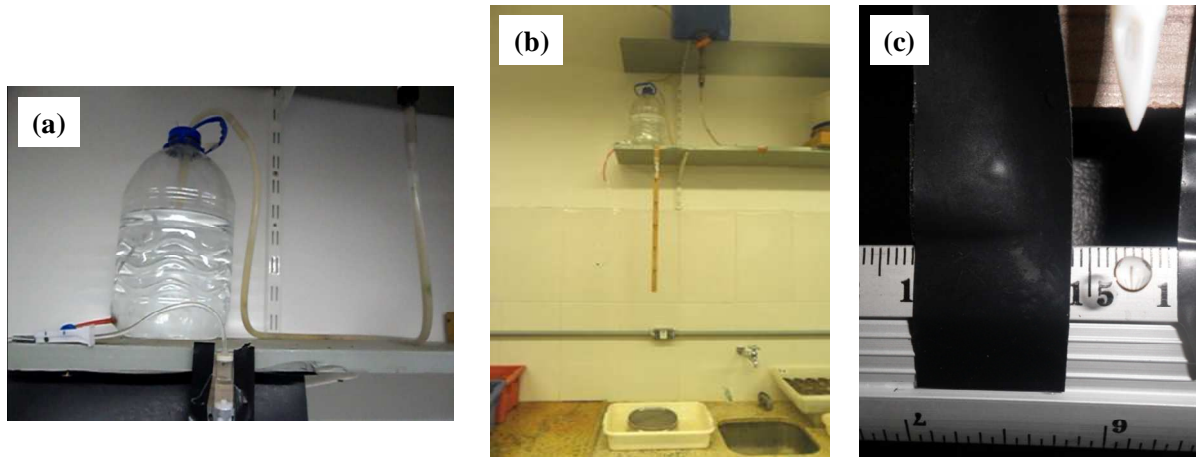


Figura 25. Dispositivo utilizado na validação na estabilidade de agregados pelo método do impacto da gota onde (a) garrafa tipo Mariotte e pinça rolete para dosagem de tamanho e volume de gota (b) conjunto disposto a 1 m de altura e (c) tamanho de gota.

3.11.9 Calibração do modelo

Para a fase de calibração do modelo matemático, foi utilizada a informação do banco de dados das duas bacias BE e BC. O banco de dados disponível forneceu um número de eventos com dados completos de precipitação, vazão e concentração de sedimentos em suspensão. Com estas informações construíram-se os hidrogramas para os eventos selecionados, possibilitando obter a intensidade máxima de precipitação, duração do evento, escoamento superficial, bem como o total precipitado. O procedimento de calibração foi realizado pela otimização dos parâmetros de ajuste, comparando-se os valores observados e estimados das variáveis estudadas. A calibração do modelo foi realizada com a comparação das estimativas preditas pelo LISEM com os valores medidos.

Para realizar a comparação entre os dados observados e os dados estimados, foram utilizadas algumas ferramentas estatísticas como coeficiente de Nash-Sutcliffe (Nash & Sutcliffe, 1970) e da porcentagem BIAS (PBIAS). O COE pode variar de $-\infty$ a 1, sendo o valor 1 indicativo de um perfeito ajuste entre os dados simulados e observados. A PBIAS avalia se os dados simulados superestimam ou subestimam os dados observados. Quanto mais próximo de zero, melhor é a estimativa dos dados.

As equações 51 e 52 representam o COE e PBIAS, respectivamente.

$$\text{COE} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Em} - \text{Es})^2}{\sum_{i=1}^n (\text{Em} - \text{E})^2} \quad (\text{Eq.51})$$

$$\text{PBIAS} = \frac{\text{Es} - \text{Em}}{\text{Em}} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 52})$$

Em que: COE = coeficiente de Nash-Sutcliffe; Em = valor da variável observada em um dado intervalo de tempo; Es = valor da variável simulada pelo modelo em um dado intervalo de tempo; E = média dos valores observados no período da simulação; n = número de observações; PBias = valor do desvio dos valores simulados em relação aos valores observados em porcentagem (%).

3.12 Análise estatística

Os dados obtidos nas avaliações foram inicialmente submetidos à análise de variância e à análise de distribuição normal, com o uso do teste de Shapiro-Wilk. Se aplicaram testes de comparação múltipla de Tukey com o objetivo de verificar se havia diferenças significativas nas variáveis por efeito do uso do solo. Com o objetivo de verificar a associação e relação entre as variáveis foi realizada análise de regressão e análise de correlação de Pearson, empregando-se o coeficiente de correlação com nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas com o pacote estatístico SAS 9.2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização física – hídrica dos solos

Os resultados da caracterização físico-hídrica na bacia com eucalipto (BE) apresentados nas Tabelas 5, 7 e 9, enquanto que, os resultados da bacia com campo estão apresentados nas Tabelas 6, 8 e 10.

Nas duas bacias avaliadas, observou-se elevado teor de cascalho para as duas camadas avaliadas. Os maiores teores de cascalho nas duas camadas avaliadas ocorreram nas áreas cobertas com eucalipto e campo com vassouras na BE e na pastagem de aveia, campo e capões de eucalipto na BC (Tabela 5 e 6). Destacando-se a pastagem de aveia na BC que possui teores médios de cascalho acima de 500 g kg^{-1} na camada de 0 a 40 cm.

Quanto à caracterização granulométrica do solo, os maiores teores médios de areia foram observados no solo coberto por campo com vassouras e eucalipto nas duas camadas da bacia com eucalipto (BE), com teores de areia acima de 60% nas duas camadas e somente 16 % de argila na camada de 0-20 cm e entre 19 a 24 % na camada de 20-40 cm. (Tabela 5). Por outro lado, os menores teores de areia foram observados nas duas camadas na mata ciliar da BE, observando neste uso, maiores teores de silte e de argila, em comparação aos outros usos desta microbacia. Na bacia com campo (BC), os teores de areia foram bastante similares entre as diferentes coberturas vegetais, sendo de aproximadamente 50 % na camada de 0-20 cm e ocorrendo uma redução em até 12% desta camada em relação à segunda camada resultante da presença de gradiente textural nos Argissolos presentes nas duas microbacias (Tabela 6). Observou-se que os teores de areia foram bastante similares entre as duas bacias.

Segundo Brady (1989) pode-se dizer que um solo arenoso é bastante propenso a erosão, pois, ele tem pouca ou quase nenhuma coesão, podendo ser facilmente transportado. Os solos arenosos possuem reduzida capacidade de retenção de água por causa do grande espaçamento entre as partículas granulométricas, permitem um fluxo de ar e água elevados; por conseguinte, são facilitadas a drenagem e a movimentação de ar.

Se observou um incremento nos teores de argila na camada de 20-40 cm de profundidade em todos os usos do solo nas duas microbacias, exceto para a área de mata da BC. Esse acúmulo de argila em profundidade pode ocasionar uma severa redução no fluxo de água, quando esta alcança o horizonte B textural, favorecendo a saturação de água no solo nos horizontes superficiais, que pode resultar em um elevado fluxo lateral de água nesse horizonte e favorecer a erosão em canal do solo quando ocorrem precipitações intensas.

Tabela 5. Média de cascalho, areia, silte e argila para os diferentes usos do solo na bacia com eucalipto (BE) no Horto Florestal Ponta das Canas, município de São Gabriel-RS.

Uso	Cascalho		Areia		Silte		Argila	
	(g kg ⁻¹) ⁽¹⁾				%(²)			
Camada 0-20 cm								
Eucalipto	304,3	a	67,1	a	15,8	b	17,1	b
Campo	255,5	a	69,7	a	14,6	b	15,7	b
Mata	179,0	a	33,0	b	35,0	a	32,0	a
CV (%)	52,9		12,5		14,8		20,8	
Significância⁽³⁾	ns		**		**		**	
Camada 20-40 cm								
Eucalipto	380,1	a	60,8	a	15,1	b	24,1	b
Campo	373,4	a	65,0	a	16,0	b	18,9	b
Mata	139,0	a	28,2	b	34,7	a	37,1	a
CV (%)	50,0		15,0		12,0		27,5	
Significância	ns		**		**		*	

⁽¹⁾ Em relação à massa do solo ⁽²⁾ Em relação à TFSA ⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%.

Tabela 6. Média de cascalho, areia, silte e argila para os diferentes usos do solo na bacia de campo (BC) na fazenda Alvorada, município de São Gabriel-RS.

Uso	Cascalho		(Areia)		Silte		Argila	
	(g kg ⁻¹) ⁽¹⁾				%(²)			
Camada 0-20 cm								
Campo	220,3	a	51,9	a	23,2	b	24,8	b
Pasto aveia	399,4	a	56,5	a	16,4	c	27,1	ab
Capões	357,1	a	53,5	a	16,1	c	30,5	a
Mata	206,7	a	49,0	a	34,8	a	16,2	c
CV (%)	62,6		8,8		15,4		19,5	
Significância⁽³⁾	ns		ns		**		*	
Camada 20-40 cm								
Campo	358,1	ab	48,2	a	22,1	b	29,7	b
Pasto aveia	639,8	a	44,7	a	16,5	b	38,8	a
Capões	396,7	ab	41,4	a	16,3	b	42,3	a
Mata	158,4	b	50,9	a	36,3	a	12,8	c
CV (%)	47,3		12,5		26,0		17,4	
Significância	*		ns		**		*	

⁽¹⁾ Em relação à massa do solo ⁽²⁾ Em relação à TFSA ⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%.

A densidade do solo na bacia BE apresentou diferenças significativas nas duas camadas e variaram de 1,04 a 1,56 g cm⁻³, com maiores valores de densidade de solo nas

áreas com campo e eucalipto, em comparação a área de mata (Tabela 7). Em outro estudo, Zwirter et al. (2011) observaram valores similares de densidade do solo aos observados no estudo atual para uma área de mata, registrando-se uma densidade de 0,94 e 1,05 g cm⁻³ nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade.

Na BC, os valores de densidade variaram de 1,31 a 1,58 g cm⁻³, apresentando uma diferença significativa, entre as diferentes coberturas vegetais nas duas camadas (Tabela 8). As maiores densidades do solo foram observadas nas áreas de campo e de pastagem de aveia, valores intermediários nas áreas de capões de eucalipto e menores densidades na área de mata nas duas camadas avaliadas. No caso da mata, os valores de densidade do solo foram muito similares nas duas camadas. Em outro estudo, Alves et al. (2005) observou valores similares de densidade do solo em uma área de mata, como observado neste estudo, encontrando densidades, variando entre 1,33 a 1,35 g cm⁻³.

Os valores normais de densidade para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 g cm⁻³, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 g cm⁻³ (REICHERT; REINERT, 2006). Estes valores estão dentro da faixa de valores de densidade observados nas microbacias de eucalipto e campo, independentemente do uso do solo.

Em termos gerais, as menores densidades observadas na mata ciliar, nas duas bacias e nas duas profundidades resultaram em solos com maior porosidade total nestes locais (Tabelas 7 e 8). No caso da mata, a porosidade total foi maior, possivelmente porque essa área não tem intervenção antrópica que possa ocasionar alteração na estrutura do solo, ocasionando sua compactação.

Os valores de densidade do solo nas duas camadas na BE e BC tendem a aumentar com a profundidade do solo e a porosidade total tende a diminuir, isto pode ser atribuído às pressões exercidas pelas camadas superiores provocando um maior adensamento na segunda camada. Cabe ressaltar, que a movimentação de material fino das camadas superficiais, através da eluviação, também pode contribuir para a redução dos espaços porosos, aumentando a densidade do solo nas camadas mais profundas. Este aumento da densidade do solo diminui a infiltração de água e provoca alteração, não só no tamanho, mas também na continuidade dos poros, podendo causar uma drenagem interna deficiente e assim reduzir, também, o movimento de água para as raízes, o que pode prejudicar o crescimento das plantas (MORALES, 2013).

A porosidade total do solo foi similar entre as coberturas de eucalipto e campo nas duas camadas da BE. Quanto às camadas da BC, na pastagem aveia, ela foi maior na primeira camada, na área de capões de eucalipto, foi maior na segunda camada e na área com mata foi similar nas duas camadas. Enquanto que, na BE observou-se que a porosidade total teve a

seguinte escala ordinal nas duas camadas: mata > campo com vassourais > eucalipto, enquanto que na BC, observou-se a seguinte ordem: mata = campo > pasto aveia > capões na camada 0-20 cm e mata > campo > capões > pastagem aveia na camada 20-40 cm. Embora a PT tenha variado, todos esses valores estão dentro da faixa de espaço poroso observada em solos arenosos, que se situam entre 0,35 a 0,50 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ (BRADY, 1989).

A microporosidade teve um comportamento muito parecido com a porosidade total, mas com valores nominais menores. Isto ocorreu porque a microporosidade é igual ao resultado da subtração entre a porosidade total e a macroporosidade, sendo que, a macroporosidade diferiu muito pouco entre os diferentes usos em cada microbacia, com valores médios próximos de 0,20 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ nas duas camadas da BE e de 0,15 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ nas duas camadas da BC. Quanto ao valor crítico de macroporosidade, igual a 0,10 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ segundo Xu et al. (1992) em nenhum dos usos, independentemente de camada ou microbacia, foram observados valores abaixo desse limite.

A condutividade hidráulica saturada (Ksat) teve uma grande variação entre amostras, o que pode ser constatado pelo elevado coeficiente de variação observado nas duas bacias e nas duas camadas (Tabelas 7 e 8). A Ksat nas duas microbacias não apresentou diferenças significativas na camada 0-20 cm nas duas bacias, diferindo somente na camada 20-40 cm. Os valores de Ksat apresentaram uma redução com o aumento da profundidade do solo em todos os usos do solo na BE, sendo que, os solos ocupados com eucalipto apresentaram os maiores valores de Ksat nas duas camadas na BE (Tabela 7). De acordo com Guerra (2010) a Ksat está relacionada não só aos valores de macroporosidade, mas principalmente à continuidade dos poros e, apesar da alta variabilidade normalmente encontrada para este atributo, o mesmo é bastante sensível em detectar o impacto de determinada prática sobre o fluxo hidrológico no solo.

A condutividade hidráulica na bacia BC não apresentou diferenças significativas na primeira camada; embora os valores de Ksat tenham variado entre 117 a 684,8 mm h^{-1} . Enquanto que, na segunda camada, onde foram observadas diferenças significativas, a Ksat foi maior na pastagem de aveia, intermediária na área de campo e menor nas áreas de capões e na mata. Quanto às diferenças entre as duas camadas, a Ksat foi menor na camada superficial nas áreas com campo e na pastagem de aveia e maior nas áreas com capões e mata.

Tabela 7. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total (PT), condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) e água disponível (AD) na bacia com eucalipto (BE) do horto florestal Ponta das Canas, município de São Gabriel-RS.

Uso	Ds		Macro		Micro		PT		Ksat		AD	
	g cm ⁻³		cm ³ cm ⁻³		cm ³ cm ⁻³		mm h ⁻¹		mm h ⁻¹		cm ³ cm ⁻³	
Camada 0-20 cm												
Campo	1,55	a	0,18	b	0,24	b	0,42	b	176,1	a	0,095	a
Eucalipto	1,54	a	0,20	b	0,20	c	0,40	b	262,2	a	0,071	b
Mata	1,12	b	0,28	a	0,35	a	0,63	a	154,7	a	0,110	a
CV (%)	6,5		14,5		17,5		7,6		90,7		33,2	
Significância⁽¹⁾	**		*		**		**		ns		**	
Camada 20-40 cm												
Campo	1,56	a	0,18	a	0,23	b	0,41	b	103,8	ab	0,080	b
Eucalipto	1,55	a	0,21	a	0,20	b	0,41	b	233,5	a	0,068	c
Mata	1,04	b	0,18	a	0,41	a	0,59	a	99,1	b	0,127	a
CV (%)	5,9		21,1		20,7		4,1		103,5		27,5	
Significância	**		ns		**		**		*		**	

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%.

Tabela 8. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total (PT), condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) e água disponível (AD) na bacia com campo (BC) na fazenda Alvorada, município de São Gabriel RS.

Uso	Ds		Macro		Micro		PT		Ksat		AD	
	g cm ⁻³		cm ³ cm ⁻³		cm ³ cm ⁻³		mm h ⁻¹		mm h ⁻¹		cm ³ cm ⁻³	
Camada 0-20 cm												
Campo	1,48	ab	0,11	a	0,38	a	0,50	a	300,7	a	0,138	a
Pasto aveia	1,54	a	0,15	a	0,31	a	0,46	b	361,8	a	0,089	b
Capões	1,43	b	0,14	a	0,26	b	0,40	c	684,8	a	0,073	b
Mata	1,31	c	0,10	a	0,40	a	0,50	a	117,3	a	0,163	a
CV (%)	4,6		29,6		12,0		10,3		91,3		17,6	
Significância⁽¹⁾	*		ns		**		**		ns		**	
Camada 20-40 cm												
Campo	1,58	a	0,12	a	0,32	ab	0,44	bc	463,4	ab	0,112	b
Pasto aveia	1,53	ab	0,16	a	0,27	c	0,43	c	887,6	a	0,075	b
Capões	1,46	b	0,16	a	0,30	b	0,47	ab	51,8	b	0,081	b
Mata	1,32	c	0,17	a	0,32	a	0,49	a	17,4	b	0,151	a
CV (%)	8,0		17,0		10,0		4,1		108,5		26,3	
Significância	**		ns		*		*		*		*	

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%.

A elevada variabilidade dos dados a Ksat pode ser explicada pela heterogeneidade textural e estrutural do solo, como também pela presença de raízes de plantas, atividade

microbiana, rachaduras ocasionadas pelas épocas de estiagens, entre outros fatores (EGUCHI et al. 2003).

Observe-se que os valores de macroporos e areia foram maiores na bacia com eucalipto (BE), mas a K_{sat} foi menor na BE quando comparada com a BC. Isto indica que, além do volume de poros, outras variáveis estão influenciando a condutividade hidráulica do solo, como a presença de canais contínuos no solo. Salienta-se que foi observada grande quantidade de raízes presentes nos anéis amostrados da bacia de campo para determinar a K_{sat} no laboratório, o que possivelmente pode haver incrementado o fluxo devido à presença de canais abertos no final da amostra de solo, o que pode levar a divergências nos resultados. Situação similar foi reportada por MESQUITA; MORAES 2004; LAUREN et al., (1988).

Igualmente, poderia haver apresentado alterações do solo conteúdo nos anéis durante a coleta, pequeno ou inadequado tamanho da amostra, pequeno circuito de fluxo através dos macroporos e possível fluxo ao longo das paredes do cilindro amostrador (MOHANTY et al., 1998, REYNOLDS et al., 2000). Portanto, com base no anteriormente exposto, podemos inferir que as propriedades do solo ao interagirem entre si, controlam a magnitude com que as propriedades físicas do solo, sob diferentes valores de densidade, porosidade e umidade, interferem no regime hidrológico do solo.

Salienta-se que não foi avaliado todos os horizontes do solo, pelo que os novos estudos naquelas áreas devem avaliar a K_{sat} dos horizontes subsuperficiais, para avaliar o horizonte B textural dos Argissolos que possui mais argila, o horizonte Bi dos Cambissolos e os horizontes C em todos as classes de solo quando presentes, pois, estes horizontes atuam no armazenamento de água e possuem menor k_{sat} , o que dificulta a infiltração de água no perfil de solo quando ocorrem chuvas intensas.

A água disponível (AD) é a água existente no intervalo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), sendo que a CC representa o limite superior desse intervalo, aceito como conteúdo de água retido pelo solo depois que o excesso de água tenha sido drenado pela gravidade. O limite inferior é representado pelo PMP que se refere ao conteúdo de água presente no solo abaixo do qual a planta não consegue absorver pela forte retenção matricial (REICHARDT, 1988).

A AD nas duas bacias e nas duas profundidades apresentou diferenças significativas, sendo maior na camada superficial em relação à camada subsuperficial (Tabelas 7 e 8). Esta variação do volume de água entre camadas pode ser atribuída à variação da textura do solo, ao tipo de argila, ao teor de matéria orgânica, à densidade do solo ou à variação da porosidade do

solo, mais especificamente, atribuído à microporosidade uma vez que esta é responsável pela retenção de água no solo.

Nas microbacias avaliadas, os argissolos apresentaram maior disponibilidade de água do que os Cambissolos e Neossolos devido a sua diferença textural e a presença de o horizonte B textural com bem mais elevada porcentagem de argila (ou de microporos), o que aumenta o tempo de permanência da água no solo.

Observou-se que a bacia de campo apresentou maior quantidade de microporos que BE, o que influencia na disponibilidade de água, caracterizando-a com alta capacidade de retenção de água.

O uso de solo que apresentou maior disponibilidade de água foi a mata, tanto na BE como na BC, nas duas camadas. De acordo com Lima et al. (2008) a mata ciliar aumenta a capacidade de infiltração no solo de água da chuva, funcionando como uma esponja devido a sua alta capacidade de retenção de água, o que ajuda a regular o ciclo hidrológico.

Segundo Bronick e Lal (2005) a estrutura, a distribuição do diâmetro dos poros, a textura, o tipo e a quantidade de argila e o teor de matéria orgânica são as principais características e propriedades físicas do solo que afetam a disponibilidade de água às culturas. Dentre essas, a estrutura é a propriedade manipulável e refere-se ao tamanho, à forma e ao arranjo dos sólidos e vazios, à continuidade dos poros, à sua capacidade de reter e transmitir fluidos e substâncias orgânicas e inorgânicas, bem como à habilidade de suportar o crescimento e desenvolvimento vigoroso de raízes.

A retenção de água no solo é essencial para o estudo das relações solo-água. Segundo Vieira (2006) a retenção de água na matriz do solo é governada por forças capilares e forças de adsorção, as quais são denominadas de forças mátricas, dando origem ao termo de potencial mátrico de água no solo e é um indicador físico importante da qualidade do solo.

De modo geral, o comportamento da retenção de água dos perfis amostrados dentro de cada solo apresentaram variações, e isso se deve principalmente à variação na composição da fração menor que 2 mm, no tamanho das frações e na composição mineralógica. Neste contexto, observou-se o efeito da textura nas camadas superficiais influenciando o comportamento de retenção de água. As camadas mais arenosas (camadas superficiais) com pequeno incremento na tensão, sofreram uma redução considerável no seu conteúdo de água.

Na BE e BC, a retenção de água no solo apresentou diferenças significativas entre os diferentes usos do solo nas duas camadas, exceto na BC na tensão de 1500 kPa na segunda camada (Tabelas 9 e 10). A retenção de água no solo na BE e BC foram maiores para os solos com maior microporosidade e porosidade total.

Tabela 9. Retenção de água no solo para as diferentes coberturas presentes na bacia com eucalipto (BE) do Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel-RS.

Uso	Umidade volumétrica (cm ³ cm ⁻³)							
	0 kPa		6 kPa		10 kPa		1500 kPa	
Camada 0-20 cm								
Euc ⁽¹⁾	0,4	b	0,2	c	0,18	c	0,11	c
Cam	0,42	b	0,24	b	0,22	b	0,12	b
Mata	0,63	a	0,35	a	0,33	a	0,22	a
CV (%)	7,6		9,4		9,8		12	
Pr > F ⁽²⁾	**		**		**		**	
Camada 20-40 cm								
Euc	0,41	b	0,2	b	0,19	b	0,13	b
Cam	0,41	b	0,23	b	0,22	b	0,14	b
Mata	0,59	a	0,41	a	0,39	a	0,26	a
CV (%)	7,8		22,2		24,2		33,5	
Pr > F	**		**		**		**	

⁽¹⁾ Euc= eucalipto; Cam= campo com vassourais.

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%.

Tabela 10. Retenção de água no solo para as diferentes coberturas presentes na bacia com campo (BC) da Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.

Uso	Umidade volumétrica (cm ³ cm ⁻³)							
	0 kPa		6 kPa		10 kPa		1500 kPa	
Camada 0-20 cm								
Ave ⁽¹⁾	0,46	b	0,31	b	0,29	b	0,2	a
Cam	0,5	a	0,38	a	0,36	a	0,23	a
Cap	0,4	c	0,26	b	0,24	b	0,17	b
Mata	0,5	a	0,4	a	0,39	a	0,22	a
CV (%)	10,3		23,6		24,5		20,1	
Pr > F ⁽²⁾	**		**		**		*	
Camada 20-40 cm								
Ave	0,43	c	0,27	b	0,25	b	0,18	a
Cam	0,44	bc	0,32	ab	0,3	ab	0,19	a
Cap	0,46	ab	0,3	b	0,29	b	0,2	a
Mata	0,49	a	0,37	a	0,35	a	0,2	a
CV (%)	5,2		12,8		13		15,5	
Pr > F	*		*		*		ns	

⁽¹⁾ Ave= pasto aveia; Cam= campo; Cap= capões de eucalipto.

⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%.

Na BE, a retenção de água no solo teve a seguinte ordem nas duas camadas: mata > campo com vassourais > eucalipto. Na BC, a ordem na primeira camada foi: mata > campo nativo > pasto aveia > capões, e na segunda camada mata > campo nativo > capões > pasto aveia.

A água das chuvas infiltra no solo promovendo o armazenamento de água, entretanto, cada tipo de solo apresenta uma capacidade de armazenamento específica (PEREIRA et al., 1997). Assim, as propriedades físicas do solo podem afetar significativamente sua capacidade de campo e seu ponto de murcha permanente, e conseqüentemente, aumentar ou diminuir a disponibilidade de água no solo para plantas. Solos com textura mais fina, em função de sua maior área superficial específica, retêm maior quantidade de água se comparados aos solos de textura grosseira.

Além disso, o conteúdo de água no solo é função do tamanho e do volume dos seus poros, estando à umidade intimamente relacionada à pressão capilar (TUCCI, 1993). Vieira (1986) comenta que solos bem estruturados têm porosidade maior, retendo mais água, enquanto solos compactados têm sua macroporosidade reduzida, causando redução na umidade de saturação e menor retenção inicial de água.

4.2 Redistribuição da chuva no eucalipto

Durante o período compreendido entre junho de 2012 e setembro de 2013, a precipitação foi de 1910 mm, onde os meses de outubro e dezembro de 2012 foram os mais chuvosos e os menos chuvosos se apresentaram em junho e julho de 2012. Conforme pode ser observado na Tabela 11 e Figura 26, para as condições da plantação de *eucalyptus saligna*, a precipitação efetiva (Pe) foi em média 1656,6 mm, o que correspondeu a 86,7% da precipitação total.

A precipitação interna (PI) atingiu um volume total de 1575,9 mm, representando o 82,5 % da precipitação (P). Pesquisas feitas por Trevisan (2009) e Lima (1976) em eucalipto, apresentaram valores de 81% e 83,6% de PI, respectivamente. Igualmente, Neal (1991) comentou que a precipitação interna pode variar em função da topografia, tipo de cobertura, tamanho e espaçamento das árvores, assim como a variação das chuvas.

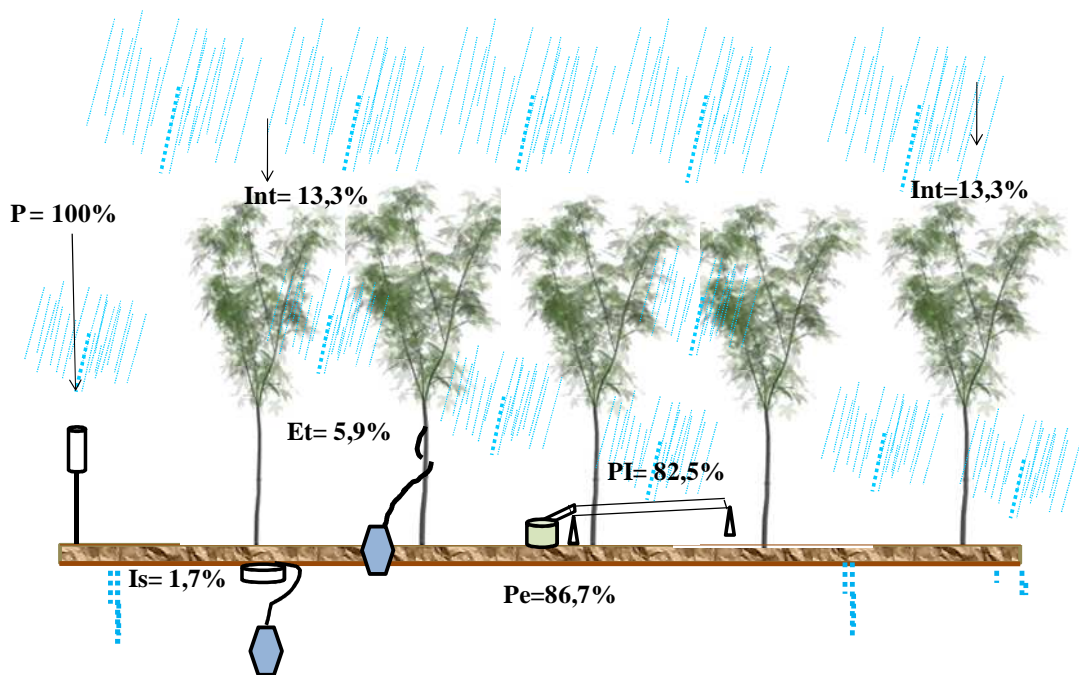
Tabela 11. Redistribuição acumulada quinzenalmente da água da chuva num plantio de *Eucalyptus saligna* de sete anos de idade no Horto Florestal Ponta das Canas, município de São Gabriel-RS

DATA	Processos hidrológicos					
	P ⁽¹⁾	PI ⁽¹⁾	Et ⁽¹⁾	IS ⁽¹⁾	Pe ⁽²⁾	Int ⁽²⁾
	(mm)					
15-30/06/2012	27,8	20,3	1,5	0,4	21,4	6,4
1-15/07/2012	52,2	41,7	3,9	1,1	44,5	7,7
16-31/07/2012	8,3	6,6	0,3	0,2	6,7	1,6
1-15/08/2012	42,8	35,9	3,0	0,7	38,2	4,6
16-31/08/2012	36,2	30,4	2,3	0,6	32,1	4,1
1-17/09/2012	69,0	56,8	4,9	1,3	60,5	8,5
18-30/09/2012	126,4	102,1	8,3	2,1	108,4	18,1
1-15/10/2012	181,1	137,1	11,2	2,8	145,6	35,5
16-31/10/2012	62,1	49,8	4,5	1,1	53,1	8,9
1-15/11/2012	12,2	10,2	0,7	0,2	10,7	1,6
16-30/11/2012	49,0	40,7	2,8	0,8	42,7	6,3
1-11/12/2012	55,6	47,6	3,4	0,9	50,0	5,5
12-31/12/2012	189,7	154,7	11,6	3,0	163,3	26,4
1-15/01/2013	70,6	59,8	4,3	1,2	62,9	7,7
16-31/01/2013	13,1	12,2	0,6	0,3	12,6	0,5
1-14/02/2013	49,6	39,8	3,3	0,7	42,4	7,3
15-28/02/2013	55,5	42,5	3,4	0,8	45,1	10,4
1-15/03/2013	50,8	38,6	2,7	1,1	40,2	10,5
16-31/03/2013	20,5	16,6	1,2	0,3	17,4	3,1
1-15/04/2013	127,6	111,6	6,4	2,0	115,9	11,7
16-30/04/2013	71,8	65,5	4,2	1,3	68,5	3,3
1-15/05/2013	97,3	79,9	3,8	1,6	82,1	15,3
16-31/05/2013	66,5	63,4	3,1	1,3	65,2	1,3
1-14/06/2013	68,2	58,1	1,6	1,1	58,6	9,5
15-30/06/2013	60,8	54,2	4,1	1,1	57,2	3,6
1-15/07/2013	92,9	78,7	4,6	1,5	81,8	11,1
16-31/07/2013	11,2	7,8	0,3	0,2	7,9	3,3
1-15/08/2013	44,1	39,2	2,7	0,8	41,1	3,0
16-31/08/2013	35,9	25,2	3,0	0,5	27,7	8,3
1-15/09/2013	6,1	5,1	0,5	0,2	5,4	0,8
16-30/09/2013	55,6	44,0	4,4	1,0	47,5	8,1
Total	1910,6	1575,9	112,6	32,0	1656,6	254,0

P= precipitação, PI= precipitação interna, Et= escoamento pelo tronco, Int= interceptação, Is= interceptação serrapilheira, Pe = precipitação efetiva.

⁽¹⁾ Medido ⁽²⁾ estimado

O escoamento pelo tronco (Et) das árvores de eucalipto foi de 112,6 mm, correspondendo a 5,9 % da precipitação. De acordo com Crockford e Richarson (2000) os fatores que podem interferir no escoamento pelo tronco são a intensidade, ângulo e duração da precipitação assim como o tipo de densidade de copa e tamanho da folha. Em estudos similares realizados por Lima (1976) com *Eucalytus saligna* e *Pinus caribaea* de seis anos de idade, os valores foram de 4,2% e 3%, respectivamente, da precipitação total, mostrando que o Et são maiores em eucalipto do que em pinheiro, devido, principalmente, à maior rugosidade das cascas dos pinheiros em comparação com as de eucalipto. Crockford e Richardson (2000) afirmam que as cascas facilmente umectáveis e lisas apresentam um maior escoamento pelo tronco, no entanto, as cascas absorventes e grossas saturam mais tardiamente.



P= precipitação, PI= precipitação interna, Et= escoamento pelo tronco, Int= interceptação, Is= interceptação serrapilheira, Pe = precipitação efetiva.

Figura 26. Redistribuição percentual da chuva em cada processo hidrológico, no plantio de *Eucalyptus saligna* de sete anos de idade. Horto Florestal Ponta das Canas, São Gabriel- RS.

As porcentagens obtidas no escoamento pelo tronco são pequenas, mas mesmo assim, devem ser considerados nos estudos de balanço hídrico, pois a baixa velocidade e a quantidade de água que chega ao solo facilitam a infiltração (OLIVEIRA JUNIOR; DIAS 2005). Igualmente, Hubert e Oyarzún (1983) afirmam que a água escoada pelo tronco é de

muita importância no que se refere à disponibilidade de água pelas árvores, especialmente em períodos do ano com baixas precipitações. Wang et al. (2011) afirmam que o escoamento pelo tronco contribui significativamente no equilíbrio da umidade do solo na zona radicular da árvore e na reposição da umidade do solo nas camadas mais profundas do solo.

Neste estudo, outro dos componentes estudados foi a interceptação pela serrapilheira, sendo ela muito importante para a produtividade da plantação de eucalipto, já que a serrapilheira contribui para a proteção do solo, mantém sua umidade e minimiza o impacto direto da chuva, reduzindo assim o escoamento superficial, a compactação e erosão do solo.

No período de pesquisa, a serrapilheira interceptou 32 mm, correspondendo a 1,7% do total da precipitação. Em um estudo sobre a interceptação da água pela serrapilheira, feito por Sacramento (2001) em plantios jovens de eucalipto na região de Belo Oriente – MG, encontraram valores de 1,16 e 1,73 % da precipitação total.

A interceptação da chuva pelo dossel do eucalipto, neste estudo, foi de 254 mm, correspondendo ao 13,3% da precipitação total. Estudos feitos por Langford (1976) indicam perdas por interceptação de 23,3% da precipitação total num povoamento de *Eucalyptus regnans* em Melbourne, na Austrália, e Bulcock e Jeewitt (2012) encontraram perdas de interceptação de 14,9 % em plantações comerciais de *Eucalyptus grandis* em KwaZulu-Natal Midlands, África do Sul. Lima (1976) verificou que a perda média por interceptação em eucaliptos foi de 12,2%, mas Trevisan (2009) e Almeida (2012) encontraram perdas de 14 e 10% na mesma espécie, respectivamente. Segundo Calder (1986) em plantações de eucaliptos na Índia, Austrália e Israel, houve perdas por interceptação entre 10 a 34% da chuva anual.

Os dados da precipitação interna, do escoamento pelo tronco, interceptação pela serrapilheira e da perda de interceptação foram submetidos à análise de regressão, os quais são representados pelas equações (53), (54), (55) e (56), com os respectivos coeficientes de determinação (R^2).

$$\mathbf{PI = 0,7236 (P)^{1,0304} \quad R^2 = 0,98 \quad (Eq. 53)}$$

$$\mathbf{Et = 0,0274 (P)^{1,2007} \quad R^2 = 0,91 \quad (Eq. 54)}$$

$$\mathbf{IS = 0,0543 (P)^{0,6846} \quad R^2 = 0,83 \quad (Eq. 55)}$$

O melhor modelo foi o potencial, de acordo com os respectivos coeficientes de determinação, pois 98%, 91% e 83% dos dados de precipitação interna (PI), escoamento pelo

tronco (Et) e interceptação pela serapilheira (IS), respectivamente, puderam ser explicados pela precipitação (P).

Para a interceptação pelo eucalipto (Int), foram testadas varias equações de regressão múltipla, onde foram incluídas as variáveis precipitações (P), diâmetro à altura do peito das árvores (DAP), altura das árvores (H), área de copa das árvores (AC) e índice de área foliar (IAF), onde os coeficientes de determinação foram baixos e as variáveis da vegetação antes mencionadas não foram significativas, devido apresentarem pouca variação durante o tempo de estudo, sendo que o DAP incremento em média 1,5 cm, altura total média da árvore 1,0 m, área média de copa 0,5 m² e área foliar média 0,8 m² m⁻². Assim, não contribuíram para os modelos, devido à sua pouca variação durante o tempo de estudo.

Destas variáveis, a única altamente significativa (Pr>F 0,0001) foi a precipitação. Portanto, o modelo precisou incluir somente a variável precipitação, porque as outras variáveis não contribuíram a explicar a variação na interceptação.

Então, testaram-se novos modelos, incluindo só a precipitação e a interceptação. O melhor modelo foi o potencial que relaciona a quantidade de interceptação em função da precipitação a céu aberto (equação 56). Nessa equação os valores dos parâmetros 0,3194 e 0,7334 refletem os parâmetros da vegetação (diâmetro à altura do peito das árvores, altura das árvores, área de copa das árvores e índice de área foliar).

$$\text{Int} = 0,3194 (P)^{0,7334} \quad R^2 = 0,56 \quad (\text{Eq. 56})$$

Em pesquisas realizadas no Brasil, outros autores como Arcova et al. (2003), Fujieda et al. (1997), Cicco et al. (1986/1988), Rodrigues (1999) e Oliveira Júnior e Dias (2005) determinaram a interceptação da chuva com base na precipitação a céu aberto. Estudos feitos por Arcova (2003) quantificando a precipitação efetiva e a interceptação das chuvas pelo dossel da floresta secundária de Mata Atlântica encontrou valores de R² de 0,81 e 0,58 para o período chuvoso e pouco chuvoso, enquanto Oliveira Junior (2006) encontrou um valor de R² de 0,62 numa floresta estacional em Minas Gerais. Essa variação talvez possa ser justificada pela interferência de outros fatores, tais como a intensidade de chuva, o grau de umidade da cobertura, a velocidade do vento, a característica da vegetação e o intervalo entre chuvas.

4.3. Balanço hídrico das bacias hidrográficas

Nos anexos 1 e 2 são apresentados os balanços hídricos das bacias com eucalipto e campo, respectivamente. A única entrada de água nas bacias é a partir das precipitações e as perdas da água se apresentam pela evapotranspiração, vazão e drenagem profunda.

No Anexo 2 apresentam-se os principais componentes de entrada e saída de água do balanço hídrico na bacia com eucalipto (BE) e na Tabela 12 são apresentados os valores diários acumulados quinzenalmente.

Na bacia BE apresentou-se uma entrada de água via precipitação de 1548 mm e saídas por vazão, evapotranspiração e drenagem de 195 mm, 779 mm e 592 mm, respectivamente.

Na coluna 5 da Tabela 12 pode-se observar que a reposição de água no solo na BE (valores positivos, ocorreu em quase todas as quinzenas, a penas a 1^a e 2^a quinzena de novembro de 2012 e 2^a de janeiro, 2^a de março, 1^a de junho, 2^a de julho e 2^a de setembro de 2013 são os períodos de retirada de água ou de seca.

O cálculo da reserva de água no solo (Arm) está relacionado com o ganho e perda de umidade. Na coluna 6 da Tabela 12, apresenta-se os valores quinzenais da reserva de água no solo na BE que se referem à tendência de acúmulo de água no solo em função da infiltração. Todas as quinzenas apresentaram armazenamento de água, mas a 2^a quinzena de janeiro e a 1^a de fevereiro de 2013 foram os períodos com menor reserva de água durante o tempo avaliado. No final do período obteve-se um armazenamento de água no solo na BC de 70 mm.

No Anexo 3 apresentam-se os principais componentes de entrada e saída de água do balanço hídrico na bacia de campo (BC) e na Tabela 13 são apresentados os valores diários acumulados quinzenalmente. A principal entrada de água foi a precipitação com 1577 mm e saídas por evapotranspiração, vazão e drenagem de 567 mm, 543 mm e 481 mm, respectivamente.

Na coluna 5 da Tabela 13 pode-se observar que a reposição de água no solo na BC (valores positivos), ocorreu em quase todas as quinzenas, a penas a 1^a quinzena de novembro de 2012 e 2^a de janeiro, 2^a de março, 1^a de junho, 2^a de julho e 2^a de setembro de 2013 foram os períodos de retirada de água ou os meses de seca.

Na coluna 6 da Tabela 13, apresenta-se os valores quinzenais da reserva de água (Arm) no solo na BC. Todas as quinzenas apresentaram armazenamento de água na BC, mas a 2^a quinzena de janeiro e a 1^a de fevereiro de 2013, foram os períodos com menor reserva de água durante o tempo avaliado. No final do período obteve-se um armazenamento de água no solo na BC de 51 mm.

Tabela 12. Balanço hídrico acumulado quinzenalmente da bacia com eucalipto (BE) no Horto Florestal Ponta das Canas, município de São Gabriel-RS.

Data	P	Q	Etr	Mm			
				DA	Arm	Δs	Dre
1-15/10/2012	188	27	26	136	81	-7	143
16-31/10/2012	55	9	37	9	84	3	6
1-15/11/2012	4	5	49	-50	34	-50	0
16-30/11/2012	58	5	55	-3	32	-2	0
1-15/12/2012	96	5	47	43	75	43	0
16-31/12/2012	149	11	46	92	88	13	79
1-15/01/2013	75	8	47	20	59	-29	50
16-31/01/2013	8	4	56	-51	7	-52	0
1-15/02/2013	50	3	42	5	12	5	0
16-28/02/2013	55	3	32	20	32	20	0
1-15/03/2013	47	3	31	14	46	14	0
16-31/03/2013	24	2	37	-16	30	-16	0
1-15/04/2013	130	5	35	90	80	50	41
16-30/04/2013	69	5	33	31	86	6	25
1-15/05/2013	59	9	25	26	70	-16	41
16-31/05/2013	105	8	16	81	85	15	66
1-15/06/2013	16	7	17	-7	68	-17	10
16-30/06/2013	113	40	13	59	86	18	41
1-15/07/2013	86	10	18	58	84	-2	60
16-31/07/2013	18	5	18	-6	74	-10	5
1-15/08/2013	42	6	15	21	81	7	14
16-31/08/2013	38	5	24	9	77	-4	12
1-15/09/2013	39	4	33	1	78	1	0
16-30/09/2013	23	4	27	-8	70	-8	0
Total	1548	195	779		70	-18	592

P= precipitação, Q= vazão, Etr= evapotranspiração, DA= disponibilidade de água, Arm= armazenamento, Δs = variação do armazenamento de água no solo, Dre= drenagem.

De modo geral, os valores quinzenais evapotranspirados foram sempre superiores na bacia com eucalipto, comprovando o maior consumo de água por parte da espécie florestal em relação à pastagem. Isso refletiu na vazão, sendo os menores valores quinzenais observados na BE. Isto significa, no período analisado, uma menor disponibilidade hídrica na microbacia com eucalipto em relação à bacia com pastagem.

Os valores quinzenais de drenagem foram, em média, superiores na BE do que os observados na BC, mostrando que grande parte do total drenado profundamente foram percolados para o aquífero subterrâneo.

4.3.1 Comparação do balanço hídrico das duas bacias

Na Tabela 14 e Figura 27 é apresentado um resumo comparativo do balanço hídrico das bacias. A precipitação durante o tempo avaliado foi 29 mm menor na BE em relação à BC. A tendência da ETr nas duas bacias foi que apresentassem valores altos no verão e valores baixos no inverno. Os valores mensais máximos da evapotranspiração durante o período de pesquisa ocorreram durante os meses de novembro e dezembro de 2012 e janeiro de 2013, nas duas bacias.

Tabela 13. Balanço hídrico acumulado quinzenalmente da bacia com campo (BC) na Fazenda Alvorada, município de São Gabriel-RS.

Data	P	Q	Etr	DA	Arm	Δs	Dre
Mm							
1-15/10/2012	197	92	19	86	52	-12	99
16-31/10/2012	57	26	27	4	56	4	0
1-15/11/2012	5	6	35	-36	21	-35	0
16-30/11/2012	57	5	40	12	33	12	0
1-15/12/2012	101	10	34	57	57	24	32
16-31/12/2012	150	27	33	89	64	7	82
1-15/01/2013	67	21	34	13	40	-24	37
16-31/01/2013	8	3	40	-36	4	-36	0
1-15/02/2013	58	4	32	21	25	21	0
16-28/02/2013	48	5	23	20	44	19	0
1-15/03/2013	51	2	22	27	58	14	13
16-31/03/2013	26	5	27	-6	43	-15	9
1-15/04/2013	127	21	25	80	55	12	68
16-30/04/2013	72	18	24	29	61	6	24
1-15/05/2013	61	31	18	12	42	-19	31
16-31/05/2013	107	32	12	64	60	18	46
1-15/06/2013	17	23	12	-18	38	-22	3
16-30/06/2013	116	81	10	26	40	2	23
1-15/07/2013	88	60	13	15	55	15	0
16-31/07/2013	18	15	13	-10	45	-10	0
1-15/08/2013	42	18	11	13	55	10	2
16-31/08/2013	41	15	17	9	53	-2	10
1-15/09/2013	40	10	24	5	59	6	0
16-30/09/2013	24	12	20	-8	51	-8	0
Total	1577	543	567		51	-13	481

P= precipitação, Q= vazão, Etr= evapotranspiração, DA= disponibilidade de água, Arm= armazenamento, Δs = variação do armazenamento de água no solo, Dre= drenagem.

No período de estudo a evapotranspiração foi 212 mm superior na BE em relação à BC. A evapotranspiração total foi composta por 49,7 % da precipitação na BE e 35,6% na BC.

Tabela 14. Resumo comparativo dos resultados do balanço hídrico anual das bacias com eucalipto (BE) e campo (BC), município de São Gabriel-RS.

Componente	BE		BC		Diferença
	mm	%	mm	%	mm
<i>Entrada</i>					
Precipitação	1548		1577		-29
<i>Saídas</i>					
Evapotranspiração	779	49,7	567	35,6	212
Vazão	195	12,5	543	34,1	-348
Drenagem profunda	592	37,8	481	30,2	111
Saída total	1556	100	1591	100	-25
Variação estoque	-18		-13		
Armazenamento	70		51		

Estudos feitos por Almeida (2012) comparando microbacias com eucalipto e pastagem, localizadas no leste de Minas Gerais, encontrou valores de evapotranspiração de 95% e 83% da precipitação, respectivamente. Sandoval (2010) obteve valores de evapotranspiração variando entre o 32,4% em bosques de *Quercus oleoides* e 19% em pastagem, no México. De las Salas e Garcia (2000) obtiveram dados de 45% em bosque nativo, 54% em plantios de eucalipto, na Colômbia, enquanto Grimm e Fassbender (1981) 62% em bosques tropicais da Venezuela.

As vazões medidas podem indicar a resposta das bacias em relação às precipitações e à sua capacidade de armazenar água. No período de estudo, a vazão foi mais elevada na BC (543 mm) que na BE (195 mm), percebendo-se uma relação entre as vazões do período de estiagem e a evapotranspiração. A redução na vazão frequentemente observada na BE deve-se, sobre todo, à maior interceptação, ao aumento da evapotranspiração e a maior capacidade de retenção de água no solo.

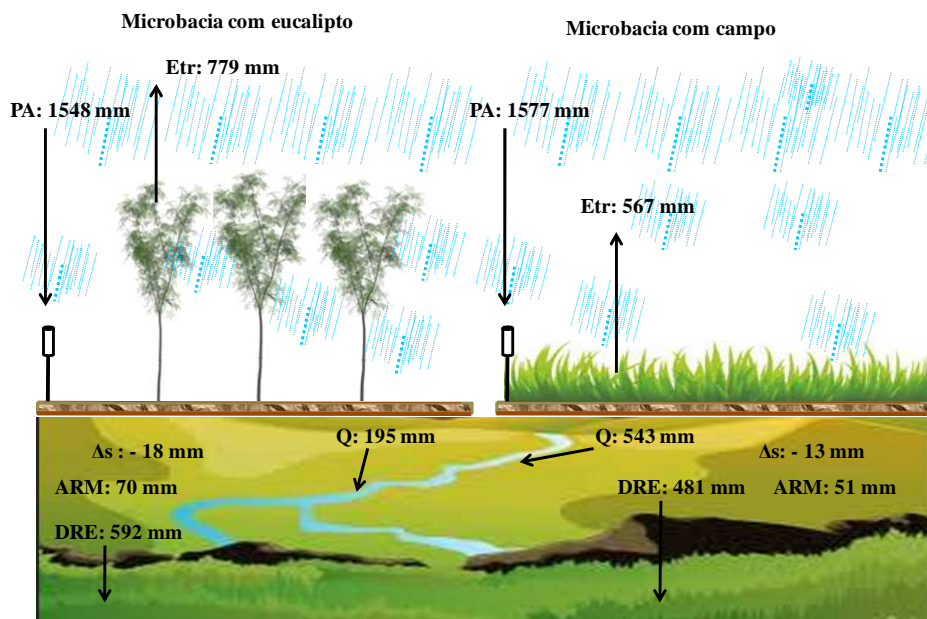
A precipitação efetiva foi maior na microbacia BC quando comparada com a microbacia BE, devido à sua menor interceptação, assim, esta água que chega ao solo tem maior capacidade de produzir escoamento superficial, o que produz uma maior saída de água na BC. Considerando que a BC possui uma vazão mais elevada, essa resposta indica uma menor taxa de infiltração de água no solo e predomínio do escoamento superficial.

Estudos feitos por Almeida (2012) e Silva et al (2011) encontraram, em Minas Gerais, maiores valores de vazão em bacias com pastagens que as bacias com eucalipto. Bosch e Hewlett (1982) indicavam que as florestas, as áreas com arbustos e as pastagens têm uma influência decrescente no aporte da água das áreas que cobrem, como resultado de sua estrutura vegetal e do dossel das árvores e de arbustos que interceptam maiores quantidades de água que as pastagens.

A drenagem profunda foi 111 mm superior na BE em relação a BC. Pode-se observar que o excesso de água na BE ficou armazenado no solo, não sendo convertido em escoamento na saída da bacia.

Na BE houve uma diminuição no deflúvio de 348 mm em relação à BC, sem chegar a eliminar completamente o escoamento. Esse fato demonstra que a BE teve um maior armazenamento de água pelo que diminui a oferta de água para a região, mas retarda os picos de cheia das chuvas, quando comparada com a bacia de campo.

Evidências atuais sugerem que as plantações florestais reduzem a disponibilidade de água, bem como baixam os níveis dos fluxos superficiais em bacias pequenas, mas não são esperadas influências em bacias grandes (VAN DIJK et al., 2007). De acordo com Calder (2007) o uso de água nas florestas é geralmente maior do que o de outros cultivos não irrigados, levando a reduzir o fluxo anual das bacias.



PA: precipitação em aberto, Etr: evapotranspiração, I: interceptação, Q: vazão, Δs: variação de água no solo, DRE: drenagem

Figura 27. Esquema comparativo dos componentes e valores do balanço hídrico das microbacias BE e BC no município de São Gabriel-RS.

O armazenamento de água no solo no final do período avaliado foi maior na BE que na BC, apresentando valores de 70 mm e 51 mm, respectivamente. Pesquisas feitas por Facco et al. (2012) em plantios com *Eucalyptus grandis*, numa microbacia hidrográfica localizada no Município de Antônio Dias, região do Vale do Rio Doce - MG, mostraram resultados que indicam que o eucalipto regula o escoamento da água, favorecendo a permanência da água na microbacia.

4.4. Variáveis hidrossedimentológicas

O conhecimento da dinâmica dos processos hidrossedimentológicos nas bacias fornece informações que podem ajudar a tomada de decisões para o planejamento do uso racional dos recursos naturais. O monitoramento, que é um processo contínuo de medição das características de um determinado fenômeno (pluviosidade, vazão, concentração de sedimento em suspensão), torna-se fundamental para a compreensão dos processos hidrossedimentológicos. Minella (2004) afirma que a capacidade em compreender os processos hidrossedimentológicos de uma bacia hidrográfica e, conseqüentemente, propor alternativas de uso correto dos recursos naturais depende, fundamentalmente, do monitoramento das variáveis envolvidas em um período representativo.

As variáveis hidrossedimentológicas das bacias monitoradas são apresentadas na Tabela 15. Salienta-se que, nas datas 23 de julho a 5 de agosto de 2013, na bacia BE, e do 6 a 15 julho de 2013, na BC, a estação de monitoramento apresentou problemas na leitura da vazão. Para preencher estas falhas foi feito uma análise de regressão em cada bacia com valores registrados que apresentaram valores similares de precipitação aos dias que apresentaram falhas, para poder estimar os dados de vazão destes dias.

Os meses com maior volume de precipitação apresentam aumento nos picos de vazão máxima em relação aos meses secos, para as duas bacias. A vazão média na BE foi menor com $4,6 \text{ L s}^{-1}$, entretanto a BC apresentou uma vazão média maior com $17,8 \text{ L s}^{-1}$. Isso demonstra que a bacia com eucalipto tem maior consumo de água e um importante poder regulador de vazão, mantendo o fluxo contínuo e quase homogêneo durante todo o tempo avaliado, mas diminui a disponibilidade de água para consumo na região. No entanto, a BC tem maior oferta de água no exutório para consumo, a qual pode ser utilizada pelos setores agropecuário, industrial e urbano.

Os maiores valores de vazão máxima e de concentração máxima de sedimentos em suspensão se apresentaram na BC com $1909,8 \text{ L s}^{-1}$ e $902,3 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. No

período avaliado observaram-se picos intensos de vazão e de C_{ss} , devido à alta intensidade de algumas chuvas, o que levou a uma rápida descarga de água na BC e, assim, uma capacidade limitada de infiltração e uma tendência ao escoamento superficial.

A esse respeito, Watung et al. (1996) afirmam que chuvas sucessivas e de curto tempo podem alcançar vazões altas, rapidamente, e conter alta energia de transporte de sedimentos.

Na Tabela 15, observa-se que a C_{ss} máxima no período de estudo para a bacia BE variou de 78,9 a 588,9 mg L⁻¹, sendo que a C_{ss} máxima observada no mês de setembro de 2012, que ocorreu com o 195,4 mm de chuva e 345,5 L.s⁻¹ de vazão máxima.

A bacia BC variou de 34,8 a 902,3 mg L⁻¹, sendo que a C_{ss} máxima observada não ocorreu no mês de maior precipitação, nem no de maior vazão máxima, mas naquele que apresentou alta pluviosidade.

A produção de sedimentos em suspensão durante o tempo avaliado foi maior na BC com 101,8 t km⁻², em relação à bacia BE com 9,3 t km⁻². Esta diferença na C_{ss} pode estar influenciada pela pouca cobertura vegetal do solo na BC que apresenta pastagens degradadas que proporcionam pouca proteção ao solo deixando-lhe exposto à erosão. No entanto, na bacia BE o solo se encontra com mais cobertura vegetal e uma espessa camada de serrapilheira, o que diminui o impacto da gota e a energia da chuva, protegendo o solo contra a erosão.

Igualmente, na BE por ter solos de textura arenosa se vê favorecida a infiltração de água no solo gerando condições menos favoráveis para que ocorra o escoamento superficial e o transporte de sedimentos, durante eventos de precipitação.

Deve-se ressaltar que, nas bacias em estudo durante os eventos de baixa magnitude foram observados baixos valores de vazão e de concentração de sedimentos e valores muito grandes em alguns eventos considerados como extremos.

Lopes et al. (2007) afirmam que a relação entre a concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) e a vazão (Q) varia com o tempo e não é constante durante um evento. Steegen et al. (2000) detectaram variações importantes na produção de sedimentos em várias escalas de tempo e que essas variações poderiam estar vinculadas com os processos que ocorrem dentro da bacia. Segundo Vestena (2009) além da intensidade da chuva influenciar a quantidade de sedimento em suspensão, se deve ressaltar a importância do relevo na C_{ss} , já que dependendo disso, pode ou não favorecer a concentração do fluxo e uma resposta hidrológica rápida. Conforme Carvalho (1994) o comportamento de uma bacia em relação ao sedimento é altamente variável desde as partes mais altas até as mais baixas. Dependendo do tipo de cobertura e do uso e manejo do solo, pode-se produzir um aumento da produção de

sedimentos, como no caso da BC que apresenta uma pastagem degradada e um uso intensivo pela atividade pecuária.

Tabela 15. Variáveis hidrossedimentológicas observadas nas bacias BE e BC, no município de São Gabriel-RS.

Bacia com eucalipto (BE)						
Mês	P (mm)	Q (L s⁻¹)		Css (mg L⁻¹)		PSs (t km⁻²)
		Média	Máxima	Média	Máxima	
ago/12	79,0	2,2	7,8	7,5	88,6	0,00
set/12	195,4	6,6	345,5	26,3	588,9	2,56
out/12	243,2	10,2	303,9	21,4	246,5	2,88
nov/12	61,2	2,8	27,0	19,1	294,1	0,16
dez/12	245,3	4,6	89,2	26,1	189,3	0,58
jan/13	83,7	3,4	23,8	16,1	128,6	0,15
fev/13	105,1	2,0	13,3	11,6	128,6	0,01
mar/13	71,3	1,5	10,1	17,4	107,6	0,00
abr/13	199,5	2,9	97,8	19,6	111,8	0,00
mai/13	163,9	4,8	122,3	13,9	127,9	0,30
jun/13	128,9	13,8	113,4	16,2	126,5	1,11
jul/13	104,1	4,4	18,2	11,6	78,9	0,22
ago/13	80,0	3,3	10,3	10,6	293,9	0,13
set/13	61,7	2,6	17,3	41,0	247,4	0,38
Global	1822,3	4,6	345,5	18,5	588,9	9,3
Bacia com campo (BC)						
ago/12	78,1	5,3	70,6	83,0	167,4	1,26
set/12	185,6	23,6	1212,7	74,2	241,1	7,21
out/12	254,0	42,5	1909,7	110,0	304,1	18,15
nov/12	62,4	3,9	80,4	179,2	772,3	2,38
dez/12	251,2	13,5	351,7	33,6	161,2	1,15
jan/13	74,7	8,5	186,4	29,9	63,8	0,71
fev/13	105,3	3,5	152,0	29,8	63,8	0,26
mar/13	77,1	2,6	9,0	27,5	34,8	0,20
abr/13	198,5	14,7	902,3	42,3	902,3	2,17
mai/13	168,3	22,5	890,5	185,3	478,5	14,11
jun/13	133,2	43,7	354,6	151,9	306,2	21,51
jul/13	106,1	44,6	742,5	146,1	247,8	22,17
ago/13	82,5	11,8	117,3	135,1	247,8	4,90
set/13	63,5	8,2	233,0	131,7	220,0	3,10
Global	1840,5	17,8	1909,8	97,1	902,3	101,8

P: Precipitação total (mm); Q: Vazão (L s⁻¹); Css: Concentração de sedimentos em suspensão (mg L⁻¹); PSs: Produção de sedimentos em suspensão (t km⁻²).

A Figura 28 mostra os valores dos sedimentos em suspensão coletados com o amostrador US-DH-48 durante sete eventos chuvosos monitorados nos mais diferentes níveis limimétricos, visto que a concentração de sedimento é variável com o passar da onda de cheia. O número de amostras coletadas durante esses eventos para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão foi de 55 amostras para a bacia BE e 50 para a bacia BC. O procedimento de coleta das amostras, em geral, ocorreu do início ao fim do evento, fornecendo uma boa representatividade intra-evento.

4.4.1 Relação entre variáveis hidrossedimentológicas na escala de eventos

A Figura 28 apresenta a relação entre a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão medida nas campanhas de medição. Ocorreu aumento da concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) com o aumento da vazão (Q), nas duas bacias, o que é indicativo de que a maior transferência de sedimentos ocorre durante os eventos de cheia dos cursos de água.

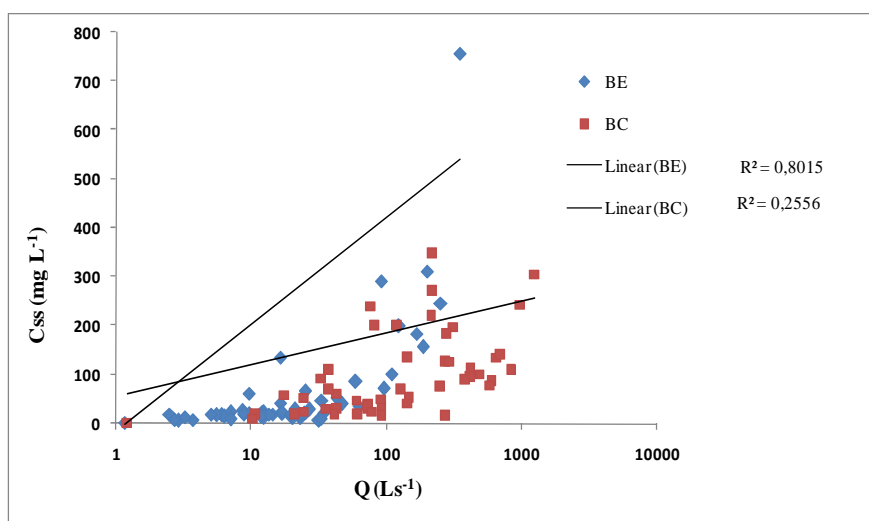


Figura 28. Correlação entre a vazão e a concentração de sedimentos dos eventos monitorados nas bacias com eucalipto (BE) e campo (BC). São Gabriel-RS

Salienta-se que ocorreram poucos eventos de grande magnitude, pelo que é necessário coletar mais algumas amostras em eventos grandes para confirmar a correlação nos intervalos altos das curvas onde a dispersão dos pontos é maior.

É interessante ressaltar que houve uma sincronia entre as bacias nos eventos de baixa precipitação com vazão até 100 L s^{-1} e uma divergência nos eventos extremos, sendo a tendência a produzir vazões superiores e maior C_{ss} na BC.

O ponto mais alto da C_{ss} na BE se deve a um evento de grande magnitude e que é pouco frequente onde o volume de água passando pelo vertedor e a C_{ss} foram altos. Essa situação apresentou-se devido a deslizamentos e desmoronamentos nas margens do rio que se apresentaram durante o evento ocorrido o dia 18/09/2012, ocasionando grande remoção do solo no curso de água e elevada concentração de sedimentos onde se apresentaram grandes valores de concentração de sedimentos, com uma vazão máxima de 346 L s⁻¹ e uma C_{ss} de 589 mg L⁻¹ (Tabela 14, Figura 29a e 29b). Morgan e Rickson (2005) e Durlo e Sutili (2012) comentam que esses deslizamentos são causados pela ação do vento sobre as árvores, a adição de peso das árvores nas encostas durante a chuva, e pela pressão causadas pelas raízes das plantas nos taludes dos rios, em conjunto com ação da gravidade e o vento.

Outro fator que pode estar relacionado com os altos valores de C_{ss} na BE é a possível presença de elevados teores de carbono, transportado em suspensão, o que proporciona uma cor mais escura na água do rio e uma ineficiência do turbidímetro nas leituras para a estimativa da concentração de sedimentos em suspensão.

Na BC no mesmo evento, a vazão máxima foi três vezes maior que a registrada na BE e com uma produção de sedimentos com o 50% menos que a observada na BE. Essa diminuição na C_{ss} deve-se ao maior volume de água que produz um efeito de diluição na concentração de sedimentos, como se pode observar na Figura 29c.



Figura 29. Concentração de sedimentos e a vazão observada no evento registrado o dia 18/09/2012 nas bacias. (a) deslizamento da margem do rio na BE, (b) vertedor na BE (c) vertedor na BC, em São Gabriel-RS.

Outro fator que pode influenciar na maior produção de sedimentos em eventos extremos na BE é a presença de estradas de terra no interior da bacia. Já que estas concentram grandes volumes de água e sedimentos que vão cair nos cursos de água, influenciando a produção de sedimentos. Minella et al. (2007) realizaram um estudo, que avaliou a contribuição de fontes na produção de sedimentos na bacia localizada em uma bacia

hidrográfica rural localizada no município de Arvorezinha – RS, e observaram que as contribuições relativas de cada fonte foram de 55,53% de lavouras, 37,61% de estradas e 6,9% da rede fluvial, sendo as estradas a segunda fonte de produção de sedimentos na bacia.

Estudos feitos por Pinheiro et al. (2013) em áreas de pinus, eucalipto e pastagem com ensaios de simulação de chuvas com intensidade de precipitação de 94 mm h^{-1} encontraram uma concentração média de sedimentos maior na área de eucalipto ($68.534,3 \text{ mg L}^{-1}$) do que a de pastagem ($11.478,4 \text{ mg L}^{-1}$) e pinus ($2.872,0 \text{ mg L}^{-1}$).

As variáveis hidrossedimentológicas foram determinadas para cada evento, a partir dos dados que compõem o sedimentograma e o hidrograma de cada evento. Na Tabela 16 apresenta-se um resumo das principais variáveis determinadas para cada evento.

As duas bacias apresentam uma mudança na série de valores, demonstrando que se apresentaram volumes consideráveis de vazão e sedimento suspenso, nos eventos dos dias 18/09/2012, 09/10/2012, 11/04/2013 e 29/05/2013, caracterizados por ser episódicos e ocorrer, principalmente, durante eventos extremos (Tabela 16).

O coeficiente de escoamento superficial apresentou uma grande variabilidade entre os eventos na BC, sendo menor na BE. Em média, o coeficiente de escoamento apresentou um valor de 1,7% para a BE e 13,1% na BC o que pode ser considerado alto quando comparado com BE, o que reflete a pequena capacidade da BC de reter o volume precipitado de grandes eventos e a rápida propagação da onda de cheia para o exutório. Nas duas bacias o coeficiente de escoamento foi maior nos eventos mais chuvosos e, à medida que a vazão máxima aumentou houve tendência de aumento do coeficiente de escoamento superficial (Tabela 16).

A Figura 30 estabelece a relação entre a precipitação (mm) e a vazão máxima para as duas bacias estudadas. Observando a correlação entre os dados de precipitação e vazão máxima, vê-se que a mesma não foi satisfatória para BE e BC, apresentando um coeficiente de correlação em torno de 0,34 e 0,29, respectivamente.

A máxima vazão observada na BE e na BC ocorreu nos eventos dos dias 18/09/2012 com 346 L s^{-1} e 1213 L s^{-1} e 09/10/2012 com 304 L s^{-1} e 1910 L s^{-1} , respectivamente (Tabela 14). A tendência foi que os maiores volumes de precipitação apresentaram aumento significativo na vazão máxima em relação aos eventos de menor precipitação para as duas bacias. Em geral, a BC apresentou maiores vazões para as diferentes precipitações quando comparada com BE.

Tabela 16. Resumo das variáveis hidrológicas dos eventos monitorados nas bacias com eucalipto e campo. São Gabriel –RS.

Data	T (h)	P (mm)	I max (mm h ⁻¹)	Esc. Superf (mm)	Q max (L s ⁻¹)	C (%)	Css max (mg l ⁻¹)	Css méd (mg l ⁻¹)	PS _S (Kg)	PS _A (Kg)	PS _T (Kg Km ⁻²)
Bacia com eucalipto											
17/09/2012	1,3	20	26	0,27	27	1,4	103	50	12	0,1	16
18/09/2012	10,8	98	44	4,44	346	5,0	589	209	1458	3,2	1927
02/10/2012	14,2	38	7	0,42	33	1,1	59	19	21	0,1	28
09/10/2012	9,8	75	19	7,96	304	8,3	247	154	1593	6,1	1655
22/10/2012	5,3	28	49	0,75	79	1,9	122	42	14	0,2	19
29/10/2012	10,3	25	34	0,51	27	0,9	41	12	5	0,1	7
04/12/2012	3,0	29	64	0,22	21	0,3	3	2	0	0,0	0
12/12/2012	7,0	32	6	0,25	30	0,2	7	3	1	0,1	1
21/12/2012	10,5	38	21	0,43	23	1,1	41	21	10	0,1	13
26/12/2012	10,0	61	113	2,40	89	1,7	189	91	185	0,6	192
07/01/2013	17,8	32	36	0,01	24	0,03	26	13	7	0,1	10
11/04/2013	11,6	105	69	2,24	48	1,28	102	56	90	1770	420
29/04/2013	4,3	61	50	1,28	98	1,24	85	39	28	0,3	29
03/05/2013	21,6	52	4	2,42	122	2,65	122	48	40	0,7	41
29/05/2013	10,8	98	67	0,59	63	0,36	107	23	10	0,1	13
04/07/2013	12,5	35	18	0,14	18	0,3	36	17	9	0,0	13
15/09/2013	16,5	32	1	0,30	17	0,3	32	26	6	0,0	8
Bacia com campo											
17/09/2012	1,3	19	25	1,20	221	6,4	221	134	370	3,4	388
18/09/2012	10,8	87	43	18,56	1213	21,2	241	130	3226	369	3736
02/10/2012	14,2	37	7	3,80	235	10,3	177	123	768	5,7	804
09/10/2012	9,8	79	20	38,63	1910	49,0	304	201	9410	603	10407
22/10/2012	5,3	29	51	3,58	595	12,0	221	175	395	28,5	441
29/10/2012	10,3	26	35	3,42	1362	8,0	315	88	274	7,2	292
04/12/2012	3,3	27	31	0,17	86	0,6	35	31	14	0,1	15
12/12/2012	6,5	50	21	3,52	235	4,0	35	32	110	5,1	119
21/12/2012	10,7	46	10	3,73	150	8,0	76	36	160	3,1	160
26/12/2012	12,2	49	28	7,86	352	12,0	31	28	210	16,2	235
07/01/2013	17,8	41	32	4,07	186	10,0	39	30	182	3,3	193
11/04/2013	10,8	97	70	12,13	675	7,0	39	29	338	67	420
29/04/2013	17,3	68	52	10,44	902	12,6	532	93	516	98,1	638
03/05/2013	21,7	53	4	12,21	810	17,4	429	348	3730	77,0	3950
29/05/2013	13,0	38	5	3,55	293	6,6	325	227	823	6,2	862
04/07/2013	12,5	36	18	10,29	414	28,9	200	171	4500	237	4923
15/09/2013	19,5	29	9,19	3,11	192	8,1	220	162	378	3,4	397

T: duração em horas; **P:** precipitação total (mm); **I_{max}** : intensidade máxima (mm h⁻¹) **Esc:** escoamento superficial (m³) **Q_{méd}**: vazão média (L s⁻¹); **Q_{max}**: vazão máxima (L s⁻¹); **C:** coeficiente de escoamento superficial (%); **Css_{méd}**: concentração média de sedimentos em suspensão (mg L⁻¹); **Css_{max}**: concentração máxima de sedimentos em suspensão (mg L⁻¹); **PS_S**: produção de sedimentos em suspensão (Kg); **PS_A**: produção de sedimentos em arraste (Kg); **PS_T**: Produção de sedimentos total (Kg km⁻²).

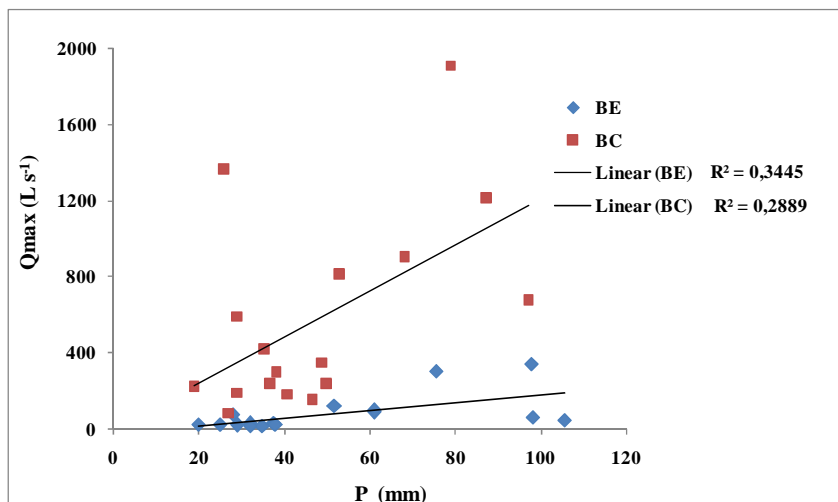


Figura 30. Relação entre a precipitação e a vazão máxima dos eventos monitorados nas bacias com eucalipto (BE) e campo (BC). São Gabriel-RS.

Na Figura 31 é apresentada a relação entre a precipitação e o escoamento superficial, a qual apresentou um coeficiente de correlação de 0,34 e 0,50 para BE e BC, respectivamente.

Os maiores volumes de escoamento superficial foram na BC e nos eventos mais chuvosos nos dias 18/09/2012 e 09/10/2012 (Tabela 16).

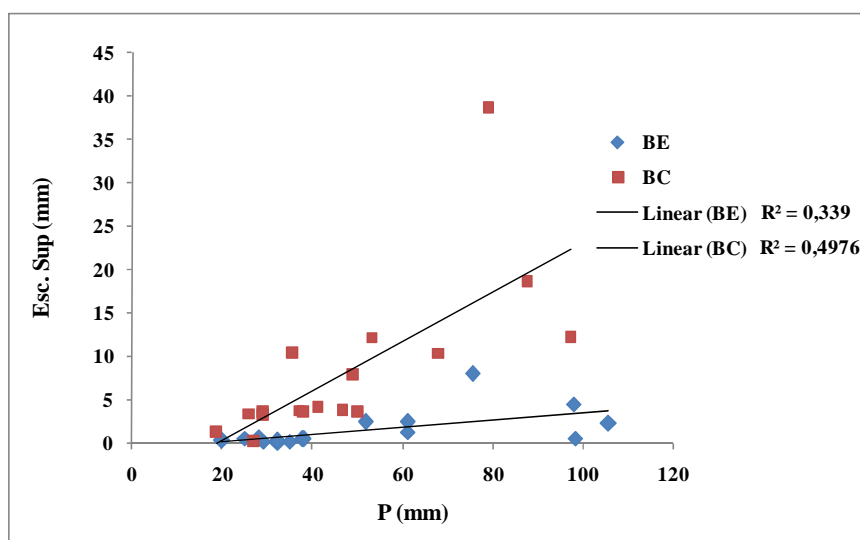


Figura 31. Relação entre a precipitação e o escoamento superficial dos eventos monitorados nas bacias com eucalipto (BE) e campo (BC). São Gabriel-RS.

Esse fato se deve a declividade das vertentes, a pouca cobertura do solo pela pastagem degradada e a pequena profundidade dos solos que contribuem para o aumento do escoamento superficial na BC, principalmente para os grandes eventos.

Igualmente, outro fator que pode contribuir é a presença de áreas úmidas contíguas ao rio, as quais favorecem o escoamento superficial por ter condições de baixa infiltração mesmo que a intensidade da chuva seja inferior à capacidade de infiltração do solo, podendo ocorrer o escoamento na forma de fluxo lateral.

As áreas saturadas geralmente são contíguas aos rios e atuam como fontes de escoamento superficial rápido, sendo alimentadas pela chuva incidente e pelo fluxo subsuperficial das áreas à montante (MEDIONDO; TUCCI, 1997).

Na Figura 32 é apresentada a relação entre o produto do escoamento superficial pela vazão máxima ($Esc \times Q_{m\acute{a}x}$) e a produção total de sedimentos (PSt) nas duas bacias hidrográficas. Ocorreu aumento da PSt com o aumento do produto $Esc \times Q_{m\acute{a}x}$, sendo mais notório durante os eventos extremos nas duas microbacias.

Pode-se observar que existe uma correlação entre as duas variáveis, apresentando-se um coeficiente de correlação de 0,87 para BE e 0,80 para BC. A produção específica de sedimentos totais para baixos escoamentos superficiais e baixas vazões foram menores nas duas bacias, já para eventos extremos com altos valores de escoamento superficial e vazões máximas a produção específica de sedimentos totais foi maior para BC, com uma maior dispersão dos valores.

Esse comportamento reflete as características da bacia BC, onde a presença de pastagens degradadas que oferecem pouca cobertura ao solo, a alta densidade do solo, o maior conteúdo de argila e solos pouco profundos favorecem o escoamento superficial e geram condições mais favoráveis para que ocorra a erosão e a produção de sedimentos, principalmente em eventos extremos de precipitação.

Segundo Minella (2007) a maior transferência dos sedimentos ocorre durante os eventos de cheia, onde a energia do escoamento é elevada. Assim, mesmo a magnitude da vazão e, por conseguinte, a capacidade de transporte, podem ser modificadas por fatores de diferentes intervenções, como por exemplo: variação climática sazonal, variação no suprimento de sedimento, mudanças morfológicas nas seções dos rios e variação nos processos que controlam a capacidade de erodir e transportar (MOREHEAD et al., 2003).

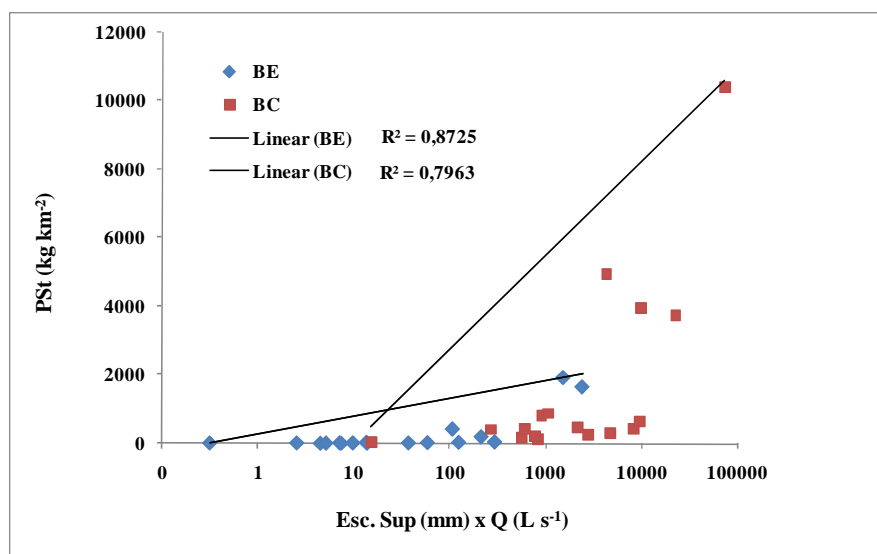


Figura 32. Relação entre o produto do escoamento superficial pela vazão máxima e a produção total de sedimentos dos eventos monitorados nas bacias. São Gabriel-RS.

Para estimar os sedimentos de fundo foram analisadas 17 amostras da bacia de eucalipto BE e 25 amostras da bacia BC, coletadas em sete eventos monitorados.

Na Figura 33, são apresentados os valores da descarga sólida do leito medida nas campanhas de medição. Verificou-se na bacia BE que, para as vazões até 40 L s^{-1} , os valores de descarga sólida de fundo foram próximos a 50 mg s^{-1} , enquanto que a partir de vazões superiores a 40 L s^{-1} a descarga aumentou significativamente até um limite de 230 mg s^{-1} , com um maior grau de dispersão. Na BC para vazões até 250 L.s^{-1} , os valores de descarga sólida de fundo foram até próximos a 4000 mg s^{-1} , enquanto que a partir de vazões superiores a 250 L.s^{-1} a descarga aumentou significativamente até um limite de 13350 mg s^{-1} com um maior grau de dispersão.

A relação entre a vazão e a descarga sólida de fundo para os eventos indicou tendência de aumento da descarga sólida de fundo com aumento da vazão para as duas bacias, sendo maiores os sedimentos de arraste na BC. Isso demonstra que a dissipação da energia da chuva é muito menor na bacia de campo que na bacia com eucalipto, devido a sua pouca cobertura vegetal que oferecem as pastagens degradadas.

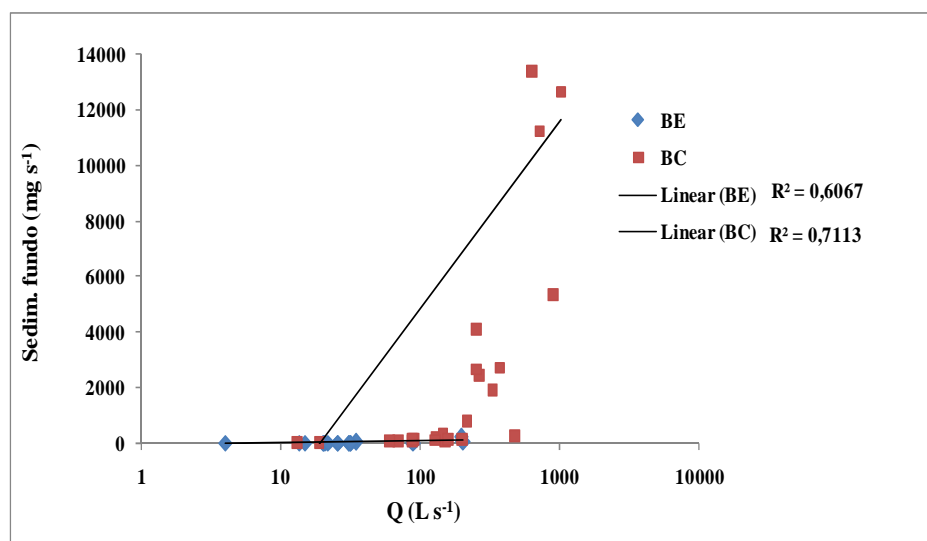


Figura 33. Relação da descarga sólida de fundo com a vazão para as campanhas de medição nas bacias de eucalipto (BE) e na bacia de campo (BC). São Gabriel-RS.

Estas curvas chaves podem ser utilizadas como alternativa para a estimativa da produção de sedimentos, desde que mais eventos sejam analisados e a correlação seja significativa. Isso se deve ao fato de que apenas sete eventos foram avaliados, pelo que é necessário coletar mais algumas amostras em eventos de diferentes magnitudes para confirmar a correlação nos intervalos das curvas onde a dispersão dos pontos é maior.

Merten et al. (2007) salientaram que a eficácia desse método depende, de maneira fundamental, da qualidade dos dados utilizados para compor a curva-chave tornando-se ideal que os mesmos representem uma vasta faixa de vazões, especialmente dos eventos de grande magnitude. Conforme Carvalho (2008) quanto maior o número de pontos medidos e a variação entre os valores alcançados entre mínimos e máximos, maior será a representatividade da curva-chave.

4.4.2 Avaliação do regime hidrológico com o uso de curvas de permanência

A curva de permanência ou de duração de vazões relaciona a vazão e a porcentagem do tempo em que ela é superada ou igualada sobre o período usado para sua construção e representa probabilidade de vazões ou a probabilidade de excedência das vazões no tempo, ou seja, é definida como a probabilidade de ocorrência da vazão média diária do rio ser maior ou igual a um determinado valor, no período de sua amostra (CRUZ; TUCCI, 2008).

As curvas de permanência das vazões dos cursos d'água pertencentes às bacias hidrográficas com eucalipto e campo estão apresentadas na Figura 34. Foram geradas as

curvas de permanência, a partir das vazões médias diárias em cada bacia e foram construídas desde agosto de 2012 até setembro de 2013.

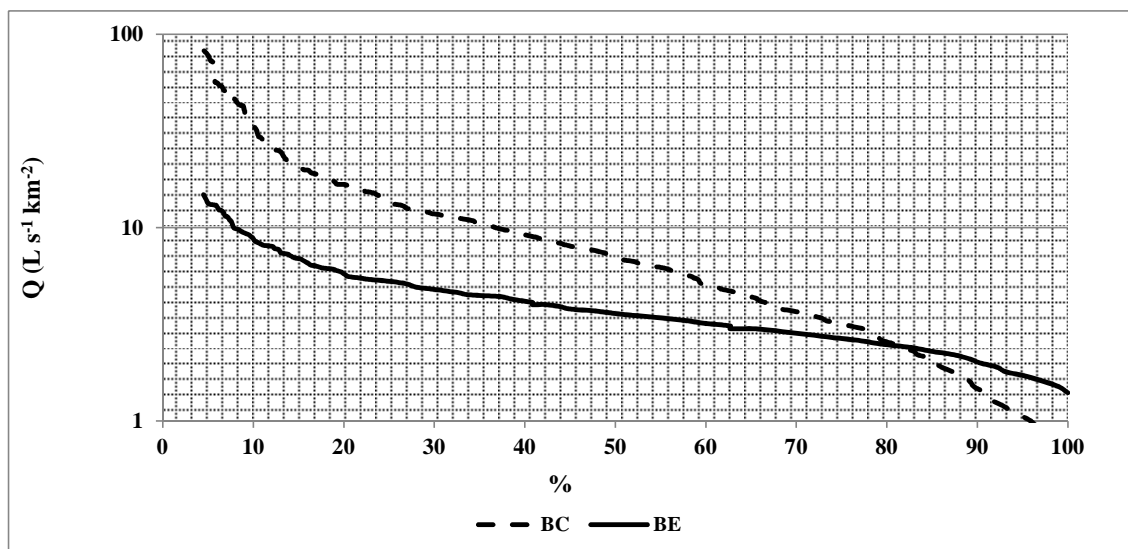


Figura 34. Curva de permanência das vazões para as bacias com eucalipto e campo no período de agosto 2012 a setembro 2013. São Gabriel-RS.

Analisando a Figura 34 observa-se que os valores das vazões de permanência Q_5 , Q_{50} e Q_{95} para a bacia com eucalipto (BE) foram de $14 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$, $3,6 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$ e $1,70 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$, no entanto, para a bacia com campo (BC) foram de $80 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$, $7 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$ e $1,10 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$, respectivamente.

No período avaliado, o comportamento hidrológico da bacia com eucalipto (BE) refletiu uma condição de maior regularização da bacia, no entanto, a curva da bacia de campo (BC) apresentou uma característica de menor capacidade de amortização da onda de cheia. O formato mais suave da curva de permanência da BE, e o valor mais baixo do primeiro ponto da curva, a partir dos 5 %, indicam o potencial de amortecimento de cheias que a BE exerceu no rio durante eventos extremos. O maior valor de vazão registrado para BE foi de $14 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$, bem abaixo dos $80 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$, maior valor registrado para BC.

A curva da BC, com valores de vazão mais altos em períodos com menor permanência no tempo e com uma queda brusca dos 5% aos 20% de permanência, é indício de maior escoamento superficial e sub-superficial, em eventos de chuva extrema, quando comparado com a BE. Além disso, esse fato pode indicar um maior potencial erosivo da BC em relação à BE. Pode-se verificar que a partir de 20% os valores alcançam um nível onde as vazões

permanecem mais constantes ao longo do tempo nas duas bacias, com uma queda menos brusca.

Assim, a curva mais plana achatada da BE, sugere que armazenamentos naturais estão presentes no curso d'água, a montante da seção fluviométrica. Já a curva da BC com maior declividade, ao contrário, indica menores armazenamentos na bacia hidrográfica.

A curva de permanência permite a identificação de valores característicos de níveis ou vazões associados a diferentes probabilidades de permanência no tempo. As curvas de permanência observadas demonstraram que as vazões na bacia com campo foram maiores que na bacia com eucalipto entre 5 e 80% de permanência, no entanto houve variação entre as vazões independente da quantidade de água precipitada.

Segundo Baumhardt (2010) num estudo similar, afirma que alguns dos fatores que determinam a diferença entre as curvas de permanência das bacias se devem à quantidade de chuva precipitada em cada um dos locais e à distribuição da chuva no período de análise.

Nos meses de setembro e outubro de 2012 e agosto de 2013, na bacia com campo as vazões foram maiores devido que o volume das chuvas foi maior; no entanto, no mesmo período, as vazões da bacia com eucalipto foram maiores, mas não alcançaram os valores apresentados pela microbacia com campo.

Na maior parte do tempo, as vazões dos locais são bastante inferiores. Na época de estiagem, as curvas de duração têm, em geral, menor inclinação do que a época chuvosa e também têm valores extremos menores.

Na BE, passou pelo vertedor, durante 50% do tempo, cerca de $3,6 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$, já na BC, a produção de água representou cerca de $7,0 \text{ L s}^{-1} \text{ Km}^{-2}$. Já a vazão com permanência de 95%, ou seja, nas vazões anuais mais baixas, aquelas equivalentes a época de estiagem, a BE apresentou mais água, passando pelo vertedor em relação a BC, o que demonstra maior capacidade de regulação da vazão de BE em períodos de verão. Esse fato indicou um aporte maior de recurso hídrico para consumo, justamente na época mais crítica para a produção agropecuária da região.

No mês de novembro de 2012, se apresentou uma diminuição abrupta das vazões de estiagem nas duas bacias, devido à diminuição das chuvas, iniciando-se o período seco onde houve uma inversão nas curvas de permanência. No período que se estende de dezembro a março, a microbacia com eucalipto apresentou mais água passando pela seção do vertedor, quando comparada com a bacia de campo.

A partir do mês de abril até agosto de 2013, volta novamente a haver uma inversão na disponibilidade de água, passando maior água no vertedor da bacia de campo.

Cabe ressaltar que os formatos destas curvas de permanência podem mudar em função das suas características geomorfológicas, da presença de intervenções antrópicas no interior das bacias hidrográficas, da variabilidade climática, do tipo de solo, da forma da bacia e do tipo de cobertura do solo, pelo que é necessário monitorar por muito mais tempo para ver se os formatos das curvas se mantêm, já que o tempo avaliado foi curto para determinar a dinâmica hídrica das duas bacias hidrográficas em estudo.

4.4.3 Perdas de água e solo em nível de parcela

As perdas de água e solo no período de estudo nas bacias BE e BC podem ser observadas na Tabela 17. Os resultados mostram que as perdas de água e solo foram maiores para a bacia com campo (BC), obtendo-se uma perda total de água de $71,1 \text{ L m}^{-2}$ e de solo de 178 kg ha^{-1} , no entanto, na bacia com eucalipto (BE) obtiveram-se perdas de água de $35,5 \text{ L m}^{-2}$ e de solo de 89 kg ha^{-1} , num período de observação de 14 meses. Essas perdas de água e solo foram maiores com os eventos de maior pluviosidade como os meses de setembro, outubro e dezembro de 2012 e abril de 2013. Essa situação pode estar condicionada ao manejo, tipo de cobertura e tipo de solo, que podem influenciar diretamente nas perdas de água e solo.

No plantio de eucalipto a interceptação, é maior e causa uma diminuição na chuva que atinge o solo e ocasiona um decréscimo no escoamento superficial. As vegetações e a serrapilheira da BE também reduzem e amortizam a energia cinética do impacto das gotas de chuva no solo, minimizando a erosão.

A Figura 35 compara as perdas de solo e água para as duas bacias, os quais demonstram a dependência que existe entre o escoamento superficial e a produção de sedimentos. A relação entre a perda de água e perda de solo indicou tendência do aumento da erosão com o aumento do escoamento superficial para as duas bacias, sendo maiores as perdas de solo na BC, o que demonstra que a perda de solo pelo escoamento superficial é muito menor na BE, quando comparada com a BC. Verificou-se na bacia BE que, para perdas de água até 2 L m^{-2} , os valores de perda de solo foram até próximos a 7 kg ha^{-1} , enquanto que há escoamentos maiores a 2 L m^{-2} a erosão aumentou significativamente até um limite de 17 kg ha^{-1} , com um maior grau de dispersão.

Tabela 17. Perdas de água e solo nas bacias BE e BC.

Mês	Bacia com eucalipto			Bacia com campo		
	P (mm)	PA (L m ⁻²)	PS (kg ha ⁻¹)	P (mm)	PA (L m ⁻²)	PS (kg ha ⁻¹)
ago/12	79,0	0,6	6,5	78,1	2,9	8,2
set/12	195,4	6,2	17,5	185,6	7,8	31,5
out/12	243,2	8,9	16,0	254,0	11,8	37,6
nov/12	61,2	0,7	2,6	62,4	2,8	3,3
dez/12	245,3	3,6	11,6	251,2	8,7	20,5
jan/13	83,7	0,2	1,0	74,7	1,0	1,4
fev/13	105,1	1,7	3,6	105,3	2,8	5,4
mar/13	71,3	0,5	1,5	77,1	1,3	2,5
abr/13	199,5	6,8	14,5	198,5	18,3	48,4
mai/13	163,9	3,1	8,9	168,3	5,5	9,2
jun/13	128,9	1,7	1,3	133,2	3,2	1,9
jul/13	104,1	0,9	1,1	106,1	2,3	3,1
ago/13	80,0	0,3	1,2	82,5	0,5	1,7
set/13	61,7	0,4	1,7	63,5	2,2	3,3
Total	1822,3	35,5	89,0	1840,5	71,1	178,0

P: precipitação (mm); PA : perda de água (L m⁻²); PS : perda de solo (kg ha⁻¹).

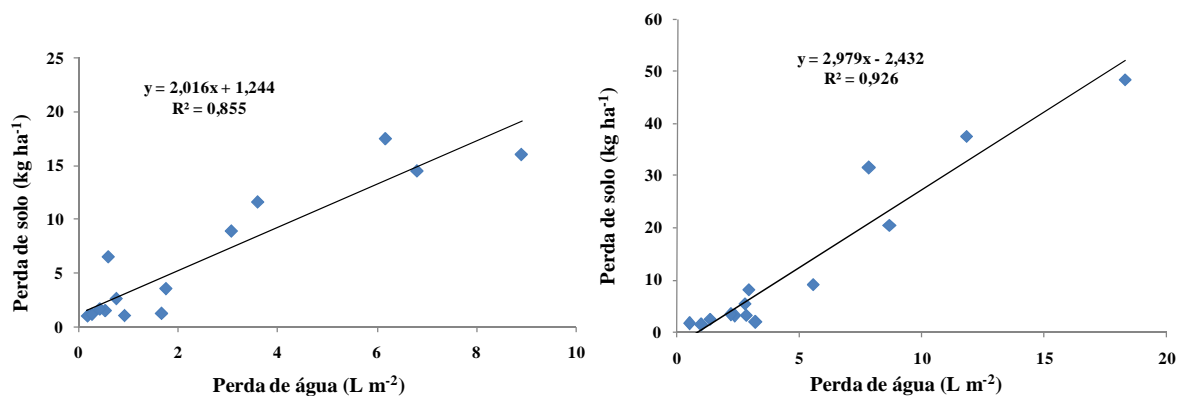


Figura 35. Correlação entre a perda de água e a perda de solo nas bacias com eucalipto (a) e campo (b). Período agosto 2012/ setembro 2013.

Na BC para vazões até 3,5 L m⁻², os valores de perda de solo foram até próximos a 10 kg ha⁻¹, enquanto que escoamentos superiores a 3,5 L m⁻² a erosão aumentou significativamente até um limite de 50 kg ha⁻¹ com um maior grau de dispersão.

Segundo Morgan (2005) o processo erosivo consiste de três fases: desagregação, transporte, e quando não existe energia suficiente para o transporte das partículas desagregadas ocorre a deposição. O processo inicia com o impacto das gotas de chuva sobre o solo, sendo que a energia cinética da gota de chuva é transferida para o solo, causando a desagregação das partículas de solo (desagregação física) e também o transporte das partículas em alguns poucos centímetros pelo salpicamento das gotas levando consigo partículas de solo. A taxa de destacamento é proporcional à energia cinética da chuva, à declividade do terreno e à altura da lâmina de água. Na etapa seguinte, a erosão é controlada pelo escoamento superficial (MARQUES, 2003).

Pires et al. (2006) afirmam que as perdas de solo pode ser explicado pela alteração, no decorrer da chuva, das condições da superfície e da umidade do solo; quando ocorre o pico de maior intensidade, o solo está muito úmido, favorecendo a desagregação e o transporte das partículas de solo. Os autores encontraram perdas de solo num período de três anos em plantios com eucalipto plantado em nível ($0,260 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), eucalipto plantado na direção do declive ($0,386 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), eucalipto plantado na direção do declive com queima dos restos culturais ($0,815 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), pastagem plantada ($0,209 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), solo descoberto ($13,179 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Lima (1996) numa pesquisa com *Eucalyptus grandis* feita durante um período de quatro anos, determinou perdas de $1,0$ a $6,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para o primeiro ano, e de $0,01$ a $0,14 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o quarto ano, enquanto na parcela sem cobertura vegetal, as perdas de solo variaram entre $3,2$ e $11,32 \text{ Mg ha}^{-1}$ por ano, observando uma diminuição acentuada de perdas de solo com o tempo de cultivo.

Martins et al. (2003) avaliaram as perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES) encontrando perdas de água de $21,68 \text{ mm}$ em eucalipto, $10,46$ na mata e $61,95 \text{ mm}$ em solo descoberto em solo Argissolo amarelo. As perdas de solo que os autores encontraram estão ao redor de $1,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no eucalipto, $0,07 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na mata e $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no solo descoberto.

Estudos feitos por Rodriguez e Camargo (2009) no município do Quindío, Colômbia, encontraram perdas de água de $1,29 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em plantios de árvores madeiráveis e de $1,25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em pastagem e as perdas no solo foram de $0,211 \text{ t ha}^{-1}$ e $0,214 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. Os autores afirmam que as perdas estiveram associadas à precipitação e coincidem com os meses de maior chuva.

4.5 Modelagem hidrossedimentológica com o modelo LISEM

Realizou-se uma análise de sensibilidade do modelo LISEM para a bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas e para a bacia de campo na Fazenda Alvorada, ambas no município de São Gabriel-RS. Durante o período avaliado compreendido entre agosto de 2012 e setembro de 2013, ocorreram, nas bacias hidrográficas, em estudo, 13 eventos maiores de 30 mm que produziram escoamento superficial. Destes, foram selecionados seis eventos (3 por bacia) representativos das condições de baixa, média e alta intensidade de precipitação e que possuíam dados confiáveis de pluviometria, linigrafia, concentração de sedimento em suspensão, que poderiam ser utilizados na calibração do modelo LISEM, sendo eles apresentados na Tabela 18.

Para a calibração do modelo LISEM foi feito a separação de Qs de cada evento a partir da análise gráfica dos hidrogramas, baseada no método da declividade constante (CHOW, 1964). Os eventos selecionados de chuva utilizados no período de estudo na BE tiveram uma intensidade máxima de precipitação pluvial que variou de 17,92 a 44,23 mm h⁻¹ e precipitação pluvial total de 34,93 a 88,92 mm. Na BC a intensidade máxima de precipitação pluvial que variou de 18,27 a 43,45 mm h⁻¹ e precipitação pluvial total de 35,59 a 87,35 mm.

Destes eventos, o que apresentou maior volume de escoamento superficial na BC e BE foi do dia 09/10/2012 com 37162,5 e 6037,6 m³, respectivamente. A maior vazão de pico para BC foi do dia 09/10/2012 (1756 L s⁻¹) e na BE foi do dia 18/09/2012 (300,7 L s⁻¹).

Tabela 18. Características hidrológicas dos eventos selecionados na calibração do modelo LISEM.

Data	P total mm	I _{max} mm h ⁻¹	Q _s m ³	Q _{max} L s ⁻¹	C %	C _{SSmax} mg L ⁻¹	C _{SSméd} mg L ⁻¹	PS Ton
Bacia com eucalipto (BE)								
18/09/2012	88,92	44,23	3364,20	300,68	4,99	588,87	209,30	1,46
09/10/2012	75,49	19,20	6037,61	256,89	8,31	246,52	153,83	1,59
04/07/2013	34,93	17,92	85,98	9,40	0,26	35,74	17,02	0,01
Bacia com campo (BC)								
18/09/2012	87,35	43,45	17852,51	1101,70	21,24	241,12	129,51	3,23
09/10/2012	78,84	20,05	37162,51	1756,40	48,99	304,10	201,42	9,41
04/07/2013	35,59	18,27	9901,09	414,37	28,91	199,69	170,56	4,50

P total: precipitação pluvial; I_{max} : intensidade máxima; Q_s: escoamento superficial do evento; Q_{max}: escoamento superficial máximo; C: coeficiente de escoamento superficial; C_{SSMax}: concentração máxima de sedimentos em suspensão ; C_{SSméd}: concentração média de sedimentos em suspensão; PS: produção de sedimentos.

O menor volume escoado superficialmente ocorreu no dia 04/07/2013, nas duas bacias com 85 m³ na BE e 9901,09 m³ na BC. A menor vazão de pico foi registrada o dia 04/07/2013 na BE e BC com 9,40 L s⁻¹ e 414 L s⁻¹, respectivamente.

A calibração do modelo foi efetuada alterando-se os parâmetros manualmente com o intuito de ajustar os componentes do hidrograma e sedimentograma para o mesmo evento, buscando-se obter o resultado mais próximo ao valor observado da vazão máxima, do tempo do pico do escoamento superficial e a forma do hidrograma.

Nas Tabelas 19 a 24 são mostrados os dados da calibração do hidrograma para as bacias com eucalipto (BE) e campo (BC), ajustando os conteúdos da condutividade hidráulica saturada (Ksat), n de Manning (n) e rugosidade aleatória (RR).

Tabela 19. Valores do Ksat usados para a calibração do modelo LISEM para as profundidades 0 -20 cm e 20 -40 cm na bacia com eucalipto.

Data	Ksat (mm h ⁻¹) na profundidade 0-20 cm				
	Usos				
	cam+vass	Estradas	Rocha	Mata	Eucalipto
18/09/2012	228,9	0,0	0,0	201,1	340,8
09/10/2012	17,61	0,0	0,0	15,47	26,22
04/07/2013	352,2	0,0	0,0	309,4	524,4

Data	Ksat (mm h ⁻¹) na profundidade 20-40 cm				
	Solos				
	CX	PV	PVA	RL	RR
18/09/2012	186,9	173,4	0,97	300,4	303,9
09/10/2012	32,5	30,16	0,176	52,24	52,86
04/07/2013	308,8	286,5	1,7	496,3	502,2

Tabela 20. Valores do Ksat usados para a calibração do modelo LISEM para as profundidades 0 -20 cm e 20 -40 cm na bacia com campo.

Data	Ksat (mm h ⁻¹) na profundidade 0-20 cm					
	Usos					
	Capões	Lago	campo	mata	P.aveia	Casa
18/09/2012	68,5	3,0	30,1	11,7	36,2	0,5
09/10/2012	34,2	1,5	15,0	5,9	18,1	0,5
04/07/2013	34,2	1,5	15,0	5,9	18,1	0,5

Data	Ksat (mm h ⁻¹) na profundidade 20-40 cm		
	Solos		
	PVA	R	CX
18/09/2012	3,8	117,4	58,8
09/10/2012	1,9	58,7	29,4
04/07/2013	1,9	58,7	29,4

Tabela 21. Valores do n de manning usados para a calibração do modelo LISEM na bacia com eucalipto para as profundidades 0 -20 cm.

Data	n de manning da bacia vertente					n de Manning do canal
	Usos					
	cam+vass	Estradas	Rocha	mata	Eucalipto	
18/09/2012	0,35	0,05	0,05	0,70	0,70	0,40
09/10/2012	0,38	0,20	0,20	0,80	0,80	0,40
04/07/2013	0,45	0,15	0,15	0,60	0,60	0,50

Tabela 22. Valores do n de manning usados para a calibração do modelo LISEM na bacia com campo para as profundidades 0 -20 cm.

Data	n de manning da bacia vertente						n de Manning do canal
	Usos						
	Capões	Lago	campo	mata	P.aveia	Casa	
18/09/2012	0,60	0,30	0,45	0,60	0,45	0,15	0,40
09/10/2012	0,60	0,30	0,45	0,60	0,45	0,15	0,40
04/07/2013	0,60	0,30	0,45	0,60	0,45	0,15	0,40

Tabela 23. Valores da rugosidade aleatória (RR) usados para a calibração do modelo LISEM na bacia com eucalipto para as profundidades 0 -20 cm.

Data	Rugosidade da bacia vertente				
	Usos				
	cam+vass	Estradas	Rocha	mata	Eucalipto
18/09/2012	2,52	0,75	0,15	3,35	1,91
09/10/2012	3,19	0,95	0,19	4,24	2,41
04/07/2013	2,52	0,75	0,15	3,35	1,91

Tabela 24. Valores da rugosidade aleatória (RR) usados para a calibração do modelo LISEM na bacia com campo para as profundidades 0 -20 cm.

Data	Rugosidade da bacia vertente					
	Usos					
	Capões	Lago	campo	mata	P.aveia	Casa
18/09/2012	1,72	2,24	2,24	1,88	2,04	2,24
09/10/2012	2,15	2,80	2,80	2,35	2,55	2,80
04/07/2013	1,68	2,18	2,18	1,83	1,99	2,18

O modelo LISEM é muito sensível às mudanças no Ksat, pois as variáveis estudadas foram afetadas pelas mudanças no Ksat. No entanto, o n de Manning e a rugosidade aleatória exerceram uma menor influência sobre as variáveis. Os valores do Ksat para a camada 0-20 cm na bacia com eucalipto variaram de 15,47 a 524,4 mm h⁻¹ e na camada 20–40 cm variaram de 0,176 a 502,2 mm h⁻¹. No entanto, na bacia com campo os valores de Ksat variaram de 1,5 a 68,5 mm h⁻¹ na camada superficial e na camada mais profunda variaram de 1,9 a 117,4 mm h⁻¹.

Estudos feitos mostram que valores de Ksat numa área específica podem ser muito diferentes, assumindo grande amplitude total e elevados coeficientes de variação (BREJDA et al., 2000; MESQUITA, 2001). O modelo LISEM requer uma série muito grande de parâmetros de entrada onde alguns são medidos, outros são aproximados ou derivados da bibliografia.

O n de manning e a rugosidade em ambas as bacias sofreram variações em relações aos dados iniciais nos eventos calibrados, mas a variável n de Manning pode influenciar as saídas do LISEM, já que ela pode afetar a deposição e a erosão e a rugosidade pode influir sobre a velocidade do fluxo. Na Tabela 25, podem-se observar os valores apresentados no desempenho do LISEM para as duas bacias estudadas.

Gomes (2008) afirma que para eventos de alta magnitude apresentam-se uma maior facilidade de calibração do evento e, por tanto, menores erros para as variáveis respostas. No caso de eventos de baixa magnitude poderiam ocorrer dificuldades de calibração do LISEM.

Tabela 25. Valores observados e simulados e desempenho estatístico do modelo LISEM para a simulação do escoamento superficial, vazão máxima e tempo de pico em eventos pluviais nas bacias com eucalipto e campo.

Evento	ppt		Qs		Q _{máx}		Tpico		Análise estatística			
	mm		m ³		L s ⁻¹		min		COE	PBIAS		
	obs	sim	obs	sim	obs	sim	obs	sim		Qs	Q _{máx}	Tpico
Bacia com eucalipto (BE)												
18/09/2012	88,9	3364,2	3044,0	300,7	271,9	320,0	310,0	0,76	-9,5	-9,6	-3,1	
09/10/2012	75,5	6037,6	3893,9	256,9	179,8	310,0	313,3	0,36	-35,5	-30,0	1,1	
04/07/2013	34,9	96,0	102,5	9,4	8,0	810,0	790,0	0,39	6,8	-14,9	-2,5	
Bacia de campo com pastagem (BC)												
18/09/2012	87,3	17852,5	18212,4	1101,7	1300,8	330,0	359,2	0,70	2,0	18,1	8,8	
09/10/2012	78,8	37162,5	26989,0	1756,4	1174,4	340,0	357,5	0,57	-27,4	-33,1	5,1	
04/07/2013	35,6	9901,1	2640,8	414,4	283,0	760,0	827,5	-0,82	-73,3	-31,7	8,9	

Ppt: precipitação. **Qs:** escoamento superficial do evento. **Qmax:** vazão máxima. **Tpico:** tempo de pico da vazão. **COE:** coeficiente de Nash e Sutcliffe. **PBIAS:** tendência percentual.

Nas duas bacias, as vazões máximas simuladas dos seis eventos apresentaram valores similares aos medidos. Segundo Gostschalk e Motovilov (2000) o coeficiente de Nash (COE) tem um valor máximo a 1, que corresponde a um ajuste perfeito entre vazões calculadas e observadas. O valor do COE é fortemente influenciado por erros nas vazões máximas, por isto, quanto o COE é próximo de 1, o modelo apresenta um bom ajuste para as cheias. O desempenho de um modelo é considerado adequado e bom se o valor do COE supera 0,75, e é considerado aceitável se o valor do COE fica entre 0,36 e 0,75. De acordo com Green e Van Griensven (2008) maiores valores do COE entre 0,4 e 0,5, respectivamente, indicam o desempenho satisfatório do modelo. Dos seis eventos analisados, cinco foram satisfatórios e um não satisfatório. Nas Figuras 36 e 37 estão apresentados os gráficos com o hidrograma observado e calculado e a dispersão dos dados para as vazões para o evento 18/09/12 para as duas bacias.

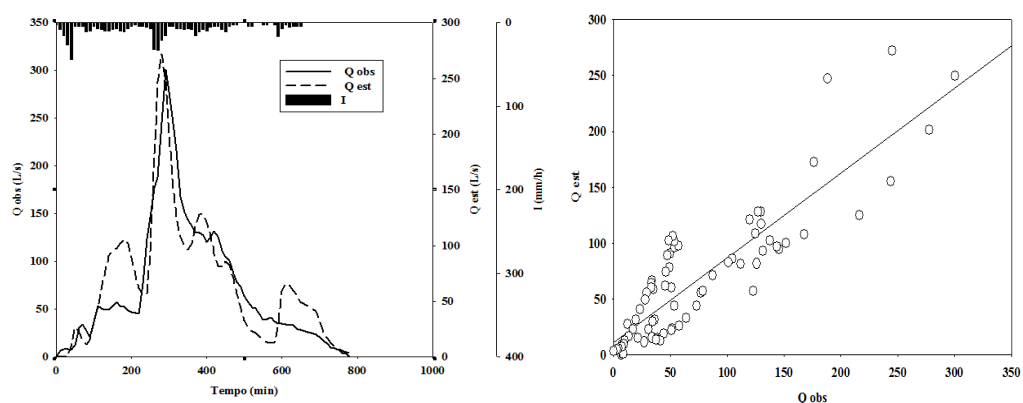


Figura 36. Hidrograma dos valores observados e estimados para o evento 18/09/2012 na bacia com eucalipto.

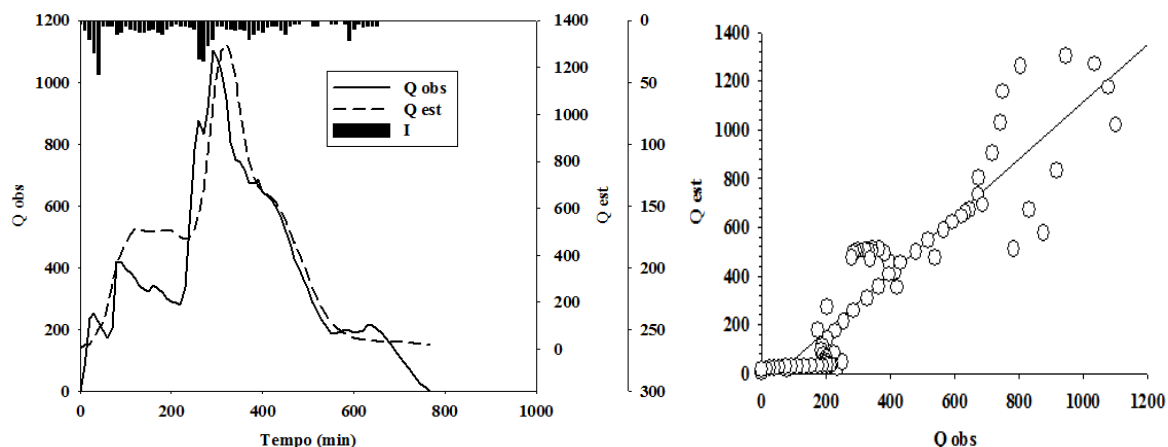


Figura 37. Hidrograma dos valores observados e estimados para o evento 18/09/2012 na bacia com campo.

A calibração do sedimentograma com o modelo LISEM, para estes eventos, o COE não foi satisfatório devido à dificuldade de modelar o processo erosivo. Quanto à tendência percentual PBIAS, a C_{ss} média e máxima de sedimentos em suspensão e a produção total de sedimentos não tiveram resultados simulados satisfatórios para todos os eventos; no entanto, o tempo de pico do sedimentograma foi o parâmetro que obteve os melhores valores simulados (Tabela 26). Por esse motivo, optou-se por manter os valores originais e não calibrar os parâmetros do sedimentograma.

Tabela 26. Valores observados e simulados e desempenho estatístico do modelo LISEM para a simulação do sedimentograma em eventos pluviométricos nas bacias com eucalipto e campo.

Data	PS		C _{ss} max		C _{ss} med		Tpico		Análise estatística			
	T	T	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	min	min	BIAS			
	obs	sim	obs	sim	obs	sim	obs	sim	PS	C _{ss} max	C _{ss} med	T _{pico}
Microbacia com eucalipto (BE)												
18/09/2012	1,5	6,6	588,9	3410,0	209,3	1529,8	330,0	310,0	351,4	479,1	630,9	-6,1
09/10/2012	1,6	8,8	246,5	2819,0	153,8	1436,7	240,0	313,3	457,1	1043,5	833,9	30,5
04/07/2013	0,0	0,0	35,7	103,0	17,0	6,0	890,0	790,0	-78,9	188,2	-64,8	-11,2
Microbacia com pastagem (BC)												
18/09/2012	3,2	11,3	241,1	1,0	129,5	0,6	130,0	350,0	249,3	-99,6	-99,6	169,2
09/10/2012	9,5	16,3	304,1	747,0	201,4	475,3	310,0	350,0	71,3	145,6	136,0	-100,0
04/07/2013	4,5	0,4	199,7	334,0	170,6	62,5	770,0	830,0	-90,3	67,3	-63,4	7,8

PS: produção de sedimentos; **C_{ss}Max** : concentração máxima de sedimentos em suspensão; **C_{ss}med** : concentração média de sedimentos em suspensão; **T_{pico}**: tempo de pico do sedimentograma.

5. CONCLUSÕES

A bacia com eucalipto de sete anos de idade apresentou os maiores valores de interceptação e evapotranspiração, o que diminuiu a quantidade de chuva que atingiu o solo, o escoamento superficial e a vazão em relação à bacia com pastagem.

Os valores de escoamento superficial e de perda de solo em nível de parcela foram maiores na bacia com campo (pastagem natural antropizada) que na bacia com eucalipto. Essas perdas de água e solo estiveram relacionadas à precipitação e foram maiores nos meses de maior pluviosidade.

Durante eventos chuvosos houve aumento nos picos de vazão na bacia com campo. Nessa bacia, o aumento nos picos de vazão, quando comparada com a de eucalipto, causou maior produção de sedimentos, tanto em suspensão como de fundo.

A curva de permanência permitiu observar que a quantidade de água passando pelo exutório foi frequentemente maior na bacia com campo que na bacia com eucalipto, o que indica que a primeira disponibiliza maior quantidade de água para consumo e alimentação de rios, lagos, reservatórios de água e produção agropecuária na região.

A modelagem com o programa LISEM mostrou que, na bacia com eucalipto, os resultados da calibração do escoamento superficial foram aceitáveis para os três eventos simulados e, na bacia com campo, dois foram aceitáveis e um não satisfatório. Para os sedimentogramas, não houve resultados satisfatórios nas duas bacias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. ABRAF: Brasília, 2013. 148 p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **FAO, Irrigation and Drainage**, Rome, paper n. 56, 297p, 1998.

ALMEIDA, A.C.; SOARES, J.V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e Floresta Ombrofila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 159-170, 2003.

ALMEIDA, A.Q. **Dinâmica hídrica em microbacias cultivadas com eucalipto e pastagem no leste de Minas Gerais**. 2012. 77f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2012.

ALVES, M.C.; SUZUKI, L.E.A.S.; HIPÓLITO, J.L.; CASTILHO, S.R. Propriedades físicas e infiltração de água de um Latossolo Vermelho Amarelo (Oxisol) do noroeste do estado de São Paulo, Brasil, sob três condições de uso e manejo. **Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe**, v. 30, p. 167-180, 2005.

ANDREASSIAN, V. Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. **Journal of Hydrology**, v 291, p. 1–27, 2004.

ARCOVA, F.C.S. et al. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha, São Paulo. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

ASTON, A.R. Rainfall interception by eight small trees. **Journal of Hydrology**, v. 42, n. 3-4, p. 383-396, July 1979.

ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. 2011. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas>>. Acesso em: 03 out. 2012.

BARUCH, Z; FERNANDEZ, D.S. Water realtions of native and introduced C4 grasses in a neotropical savanna. **Oecologia** 96:179-185. 1993.

BAUMHARDT, E. **Balanco hídrico de microbacia com eucalipto e pastagem nativa na região da Campanha do RS**. 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

BENYON, R. et al. Tree water use in forestry compared to other dry-land agricultural crops in the Victorian context: report prepared for the Department of Primary Industries Victoria to promote scientific knowledge in this area. **Ensis Technical Report**. Victoria, n. 159, 50p, 2007.

BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D.C.; CUNHA G.R.; SANTOS, M.L.V. dos; FARIAS, J.R.B.; BARNI, N.A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**, Porto Alegre: Ed. Universidade / UFRGS, 125p, 1992.

BERTONI, J.C.; TUCCI, E.M. Precipitação. In TUCCI, C.E (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 177-242. 2001.

BOND W.J; PARR C.L. Beyond the forest edge: Ecology, diversity and conservation of grassy biomes. **Biological Conservation**, doi:10.1016/j.biocon.2009.12.012. 2010.

BOS, M.G.; BURTON, D.J.; MOLDEN D.J. Irrigation and Drainage Performance Assessment. **Practical guidelines**. CABI Publishing, Cambridge, USA, pp.158. 2005.

BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **J. Hydrol.** 55: 3-23. 1982.

BULCOCK H.H; JEWITT G.P.W. Field data collection and analysis of canopy and litter in commercial forest plantations in the KwaZulu-Natal Midlands South Africa. **Hydrol.Earth Syst.Sci.** doi 10.5194/hess-16-3717-2012. 2012.

BURMAN, R.D.; NIXON, P.R.; WRIGHT, J.L.; PRUITT, W.O. Water requirements. In: JENSEN, M.E. **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, p.189-232, 1983.

BRACELPA, 2009. Brazilian Pulp and Paper Industry Performance, Available from: <http://www.bracelpa.org.br/eng/estatisticas/>, viewed February 2014.

BRADY, N. C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. Rio de Janeiro. Livraria Freitas Bastos, 878 p, 1989.

BREJDA, J.J. et al. Distribution and variability of surface properties at a regional scale. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, n.3, p.974-982, 2000.

BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v.124, p.3-22, 2005.

BROWN, C.; KING, J. Environmental Flows: Concepts and methods. In Davis, R. and Hirji, R. (eds). **Water Resources and Environment Technical Note C.1**. Washington, D.C.: The World Bank. 2003.

CALDER, I.R.. Water use of eucalyptus-a review with special reference to South India. **Agricultural Water Management**. n. 11, p. 333-342, 1986.

CALDER, I.R.. **Evaporation of Uplands**, Wiley, New York, 144 p, 1990.

CALDER, I.R., HALL, R.L., ADLARD, P.G. **Growth and Water Use of Forest Plantations**. John-Wiley, Chichester. 381p.1992

CALDER, I.R.. Forests and water: ensuring forest benefits outweigh water costs. **Forest Ecology and Management**, v. 251, p. 110-120, 2007.

CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; MARTINS, S.V. e SOARES, C.P.B. Caracterização hidroambiental da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.249-256, 2006.

CARNEIRO, R.L.C. et al. Consumo de água em plantios de eucalipto - Parte 1: Determinação da condutância estomática em tratamentos irrigados e não irrigados. **Revista Árvore**, v. 32, p. 1-10, 2008.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 372p, 1994.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: Interciência, 2ª ed., 599p, 2008.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. Apostila hidrológica. 2006. 162p. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap4-PPT.pdf>> acesso em: 30 de maio/2014.

CASTRO et al. Intercepção da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa- MG, **Revista árvore**, Viçosa, V.7, n.1, p. 76-89, 1983.

CECÍLIO, R.A.; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F., MARTINEZ, M.A. Modelagem da infiltração de água no solo sob condições de estratificação utilizando-se a equação de Green-Ampt. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.415-422,2003.

CICCO, V. *et al.* Intercepção das chuvas por floresta natural secundária de Mata Atlântica. **Silvicultura São Paulo**, São Paulo, v. 20/22, p. 25-30, 1986/88.

COLLISCHONN W.; TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. Porto Alegre: UFRGS: IPH, 2008. 151 p.

COLLISCHONN W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. Porto Alegre: UFRGS: IPH, 151p, 2008.

CROCKFORD, R.H.; RICHARDSON, D.P. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. **Hydrological Processes**, New Jersey, v. 14, p. 2903-2920, 2000.

(CSR/IBAMA, 2010). Centro de sensoriamento remoto. Monitoramento do bioma pampa. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/pampa/pampa.htm>. Acesso em: Fev.2014.

CRUZ J.C; TUCCI, C.E. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol 13 n.1 Jan/Mar 2008, 111-124. 2008.

CZIKOWSKY, M.J.; FITZJARRALD, D.R. Detecting rainfall interception in an Amazonian rain forest with eddy flux measurements. **J. Hydrol.**, Amsterdam, v.377, p.92-105, 2009.

CHANG, M. **Forest hydrology**: an introduction to water and forests. 2. ed. New York: Taylor & Francis, 474 p, 2006.

CHAPMAN, T. Classification of regions. In: FALKENMARK, M. and CHAPMAN, T. (1989), (ed.). **Comparative Hydrology: an ecological approach to land and water resources**. UNESCO, Paris. p.67-74. 1989.

DECHEN, S.C.F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. & VIEIRA, S.R. Manejo de solos tropicais no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO, 15. Santa Maria, 2004. **Anais...** Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. p.1-28.

DE LAS SALAS, G.; GARCIA, C. Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales constantes en la cuenca del rio San Cristobal, Bogotá. **Revista Académica Colombiana de Ciencias**, v 24, n 91, p. 205-218. 2000.

DE ROO, A.P.J.; WESSELING, C.G.; RITSEMA, C.J. LISEM: a single-event physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins. I: theory, input and output. **Hydrological Processes**, v.10, p.1107-1117, 1996.

DINGMAN, S.L. **Physical Hydrology**. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 646p.

DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. **FAO, Irrigation and Drainage**, Rome, paper n. 24, 179p, 1977.

DURLO, M.; SUTILI, F. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água**. Santa Maria; Edição do Autor, 189p, 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Embrapa. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, RJ. 212 p, 1997.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Embrapa solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

EGUCHI, E.S.; SILVA, E.L.; OLIVEIRA, M.S. Variabilidade da condutividade hidráulica do solo saturado e da taxa de infiltração básica determinadas “in situ”. **Ciências Agrotecnológicas**. Lavras, edição especial, p. 1607-1613, 2003.

FACCO A.G.; RIBEIRO A.; PRUSKI F.F.; MONTEIRO, W.; LEITE F.; ANDRADE R.; MENEZES, S. Técnicas de geoinformação para estimativa do balanço hídrico em eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 47, n. 9, Set. 2012.

FALKENMARK, M. **Comparative Hydrology: an ecological approach to land and water resources**. Unesco, Paris. Cap. 1, p.1-8.

FARLEY, K.A. et al. Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. **Global Change Biology**, v.11, n.10, p.1565-1576, 2005.

FARLEY, K.A.; JOBBÁGY, E. G.; JACKSON, R.B. Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. **Global Change Biology**. 11: 1565-1576. 2005.

FOELKEL, C. Eucalyptus Newsletter. Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/newspt_set07.html#quatorze Acessado em 04 fev. 2014.

FRANKEN W.; LEOPOLDO, P.R. Relações entre fluxos de água subterrânea e superficial em bacia hidrográfica caracterizada por cobertura florestal. **Acta Amazônica**, v. 16/17, p. 253-62, 1986/87.

FUJIEDA, M. *et al.* Hydrological processes at two subtropical forest catchments: the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 196, p. 26-46, 1997.

GASH, J.H.C. An analytical model of rainfall interception by forests. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 105, 43-55. 1979.

GOMES, N.M. **Aplicabilidade do modelo LISEM (Limburg Soil Erosion Model) para simulação hidrológica em bacia hidrográfica tropical**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras, 2008. 183p. Lavras, MG. 2008.

GOUBESVILLE, P. Challenges for integrated water resources management. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 33, p.284-289, 2008.

GRIMM U.; FASSBENDER, H.U. **Ciclos bioquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidental de Venezuela**. III. Ciclo hidrológico y translocación de elementos químicos con el agua. v. 31, n. 2, p. 89-99, 1981.

GUERRA, A.R. **Atributos de solo sob coberturas vegetais em sistema silvopastoril em Lavras – MG**. 2010. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

GOTTSCHALK, L.; MOTOVILOV, Y. Macro-scale hydrological modelling – a scandinavian experience. International Symposium on: Can science and society save the water crisis in the 21st century – Reports from the word. **Japan Society of Hydrology and Water Resources**. Tokyo, p. 38-45, 2000.

GRAY, J.R. **Sediment data collection techniques**. U. S. Geological Survey Training Course. Castle Rock and Vancouver, WA. 2005.

GREEN, C.H.; VAN GRIENSVEN, A. Autocalibration in hydrologic modelling: Using SWAT2005 in small-scale watersheds. **Environmental Modelling & Software**, v. 23, p.422-434, 2008.

GROCHOWSKI, N.T.L.; COLLINS, M.B.; BOXALL, S.R.; SALOMON, J.C.; BRETON, M.; LAFITE, R. Sediment Transport Pathways in the Eastern English Channel. **Oceanologica Acta**, v. 16, n. 5-6, p. 531-537, 1993.

HAAN, C.T.; BARFIELD, B.J.; HAYES, J.C. Design hydrology and sedimentology for small catchments. **Academic Press**, 588 p, 1993.

GUSTARD, A.; WESSELINK, A. J. 1993. Impact of land-use change on water resources: Balquhider catchments. **Jurnal of Hydrology**. V.145. p. 389 – 401.

HAMILTON, L.S. Thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment. Roma, **FAO, Forests and water**, Rome, paper n. 155, 78p, 2008.

HELVEY, J.D.; PATRIC, J.H. Canopy and litter interception of rainfall by hardwoods of eastern United States. **Water Resour. Res.**, 2(1), 193-206. 1965.

HEWLETT, J.D. **Principles of Forest Hydrology**. Athens: The University of Georgia, 183p. 1982.

HUBERT J.; OYARZUN C. Litter production and their relations with meteorological factors in a Pinus radiata D. Don. **Forest- Bosque** 1983; 5: 1–11.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de Biomas do Brasil. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

JACKSON, R.B.; JOBBAGY, E.G.; AVISSAR, R.; ROY, S.B.; BARRET, D.J.; COOK, C.W.; FARLEY, D.A.; MAITRE, D.C.; MURRAY, B.C. Trading water for carbon with biological carbon sequestration. **Science**, v. 310, p. 1944-1947, 2005.

JIANG, T. et al. Review on regional water resources Assessment models under stationary and changing climate. **Water Resources Management**, 18, pp. 591-612. 2007.

KAIMOWITZ, D. Useful Myths and Intractable Truths: The Politics of the Link Between Forests and Water in Central America. In Bonell, M.; Bruijnzeel, LA. (eds.). **Forests, Water and People in the Humid Tropics: Past, Present and Future Hydrological Research for Integrated Land and Water Management**. Cambridge University Press, UK. p. 86-98. 2004.

KIRPICH, T.P. Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds. **J. of Civ. Eng.**, v.10, n.6, p. 362, 1940.

LANGFORD, K.J. Change in yield of water following a bushfire in a forest of Eucalyptus regnans. **Journal of Hydrology**, v. 29, n. 1-2, p. 87-114, 1976.

LAUREN, J.G. et al. Variability of saturated conductivity hydraulic in a glossoaquic hapludalf with macropores. **Soil Science**, v.145, n.1, p.20-28, 1988.

LEOPOLDO, P.R.; FRANKEN, W.; SALATI, E.; RIBEIRO, M.N. Towards a water balance in the Central Amazonian region. **Experientia**, v.43, n.3, p. 222-233, 1987.

LEVIA, D.F., FROST, E.E. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. **J. Hydrol.** 274, 1–29, 2003.

LIMA, W. P. Efeitos hidrológicos do manejo de florestas plantadas. In: **As florestas plantadas e água**. Orgs: Lima, W.P & Zákia, M. J. Rima: São Carlos, 2006.

LIMA, W. P. **Estudos de alguns aspectos quantitativos e qualitativos do balanço hídrico em plantações de eucaliptos e pinus**. 1975. 111 f. Tese (Doutorado em Silvicultura) - Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1975.

LIMA, W. P. **Interceptação da Chuva por Povoamentos de Eucaliptos e de Pinheiros**. IPEF, Piracicaba, nº 13, p. 75-90, 1976.

LIMA, W.P. Planted forests and water impacts: cross-scale analysis through hydrological indicators. **The International Forestry Review**, v. 7, n. 5, p. 758-764, 2005.

LIMA, W.P. Florestas plantadas e água: conflito ambiental ou ausência de políticas sadias de uso da terra. **Conselho em revista**. Porto Alegre. Ano IV, n. 37. Setembro de 2007.

LIMA, W. P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. 2. Ed. Piracicaba, São Paulo: [s.n.], 2008.

LIMA,W.P. Eucalipto: mitos e verdades sobre a absorção de água do lençol freático. **Revista Citricultura Atual**, São Paulo, fev. 2010. Disponível em: <http://www.gconci.com.br/site/default.aspx?pagina=noticias_detalhe&codigo_pagina=97>. Acesso em: 21 fev. 2014.

LOPES, N.H.Y.; KOBIYAMA, M.; SANTOS, I. (2007). “Relação entre concentração de sedimentos em suspensão e vazão em bacias experimentais na região norte do Estado de Santa Catarina, Brasil” in **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, São Paulo, 2007.

LLORENS, P.; POCH, R.; LATRON J.; GALLART F. Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Megiterranean mountainous abandoned area I. Monitoring design and results down to the event scale. **Journal of Hydrology**. (Amst), v.199, p.331-345, 1997.

LLORENS, P.; GALLART, F. A simplified method for forest water storage capacity measurement. **J. Hydrol.**, Amsterdam, v.240, p.131—144, 2000.

MACHADO, R.E. **Simulação de Escoamento e de Produção de Sedimentos em uma bacia Hidrográfica utilizando Técnicas de Modelagem e Geoprocessamento**. 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 395-403, 2003.

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARQUES, J.J. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 27, p. 395-403, 2003.

MCCULLY, P. **Silenced Rivers: The ecology and politics of large dams**. London: Zed Books. 2001.

MEDIONDO, E.M.; TUCCI, C.E.M. (1997). Escalas Hidrológicas. I. Conceitos. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 59-79, jan./jun., 1997.

MENDES, R.S. **Determinação da evapotranspiração por métodos direto e indiretos e dos coeficientes de cultura para a soja no Distrito Federal**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)- Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MERTEN, G.H.; HOROWITZ, A.J.; MINELLA, J.P.G.; CLARKE, R.T.; RIBEIRO, G.S. Estimativa do fluxo de sedimentos em suspensão utilizando a curva-chave aplicada a vazões mensais e diárias. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2007, São Paulo. **Anais**. São Paulo, 2007.

MESQUITA, M.G.B.F. **Caracterização estatística da condutividade hidráulica saturada do solo**. 2001. 110f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

MESQUITA, M.G.B.F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, vol. 34, n.3, p. 963-969. 2004.

MINELLA, J.P.G. Avaliação parâmetros hidrossedimentométricos numa bacia do Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS**, Porto Alegre – RS, Vol. 1, nº 1, 2004.

MINELLA, J.P.G. **Utilização de técnicas hidrossedimentométricas combinadas com a identificação de fontes de sedimentos para avaliar o efeito do uso e do manejo do solo nos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica rural no Rio Grande do Sul**. 2007. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MINELLA, J.P.G.; MERTEN, G.H.; REICHERT, J.M.; SANTOS, D.R. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1637-1646, 2007.

MINELLA, J.P.G.; MERTEN, G.H.; CASSOL, E.A.; REICHERT, J.M. Processos e modelagem da erosão: da parcela à bacia hidrográfica. In: Rachel B. Prado, Ana P.D. Turetta, Aluísio G. de Andrade. (Org.). **Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais**. p. 105-122, 2010.

MOHANTY, B.P.; SKAGGS, T.H.; VAN GENUCHTEN, M.T. Impact of saturated hydraulic conductivity on the prediction of tile flow. **Soil Science Society of America Journal**, v. 62, p. 1522 - 1529, 1998.

MOORE, I.D.; LARSON, C.L. Estimating micro-relief surface storage from point data. **Transactions of the ASAE**, v. 20, n. 5, p. 1073 - 1077, 1979.

MORAES, M.F. **Estimativa do balanço hídrico na bacia experimental/representativa de Santa Maria/Cambiocó - Município de São José de Ubá – RJ.** 2007. 233 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MORALES, B.P. **Atributos do solo e produtividade de *Eucalyptus* spp. na metade Sul do Rio Gabriel do Sul.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MOREHEAD, M.D.; SYVITSKI, J.P.M.; HUTTON, E.W.; PECKHAM, S.D. Modeling the temporal variability in the flux of sediment from ungauged river basins. **Global and Planetary Change.** 2003.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion & conservation.** Longman: Blackwell, 2005.

MORGAN, R.P.C.; RICKSON, R.J. Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach: **A Bioengineering Approach.** Published by E & fn Spon, an imprint of Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London. 2005.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Secretaria da Agricultura. Porto Alegre, 73p, 1961.

MORO, M. **Avaliação do modelo Lisem na simulação dos processos hidrossedimentológicos de uma pequena bacia rural localizada nas encostas basálticas do Rio Grande do Sul.** 2011. 123 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

NASH, J.E.; SUTCLIFFE, J.V. River flow forecasting through conceptual models. Part 1: a discussion of principles. **Journal of Hydrology**, v. 10, n. 3, p. 282 - 290, 1970.

NEAL, C.; ROBSON, A. J.; HALL, R.L.; RYLAND, G.; CONWAY, T.; NEAL, M. Hydrological impacts of hardwood plantation in lowland Britain: preliminary findings on interception at a forest edge, Black Wood, Hampshire, southern England. **Journal of Hydrology**, v. 127, p. 349 - 365, 1991.

NETO, M.S. A gestão da água: gestão do recurso ou do meio natural? Universidade Técnica de Lisboa, IST – CESUR, Lisboa. 2003.

NOSETTO, M.D. et al. The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 11, n. 1, p. 1101 - 1117, 2011.

NOTTER, B. et al. Impacts of environmental change on water resources in the Mt. Kenya region. **Journal of Hydrology**, v. 343, n. 2, p. 266 - 278, 2007.

OKI, T.; KANAE, S. Global hydrological cycles and world water resources, **Science**, v. 313, p. 1068 - 1072, 2006.

OLIVEIRA, R.S. **Padrões sazonais de disponibilidade de água nos solos de um cerrado denso e um campo sujo e evapotranspiração.** 1999. 69 f. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

OLIVEIRA JUNIOR, J.C.; DIAS, H.C. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 9 - 15, 2005.

OLIVEIRA JUNIOR, J.C. **Precipitação efetiva em floresta estacional semidecidual na reserva Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

ONSTAD, C.A. Depressional storage on tilled soil surfaces. **Transactions of the ASAE**, v. 27, p. 729 - 732, 1984.

OVERBECK G.E.; MÜLLER S.C.; FIDELIS A.; PFADENHAUER J.; PILLAR V.D. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 9:101 – 116, 2007.

OYARZUN, C.; HUBER, A.; VAQUEZ, S. Balance hídrico en tres plantaciones de Pinus radiata D. Don. Redistribución de las precipitaciones. **Bosque**, v. 6, n. 1, p. 3 - 14, 1985.

PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V.; SCHNEIDERS, D.; GOTARDO, R. Transporte de sedimentos e espécies químicas em áreas de reflorestamentos e pastagem com base em chuva simulada. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 109 -123, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-água.1106>).

PENMAN, H.L. **Evaporation : an Introductory Surve y**. Neth. J. Agric. Sci, n. 4, p. 9 – 29. 1956.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 183 p., 1997.

PEREIRA, M.A.F. **Processos hidrossedimentológicos em diferentes escalas espaço temporais no Bioma Mata Atlântica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2010.

PETAN, S.; PINTO. F.T.; MIKO, M.; BARBOSA, J.P. Modelação da erosão do solo da bacia do Rio Leça com a equação RUSLE e SIG. **Revista de Recursos Hídricos**, v. 31, n. 1, p. 99 - 110, 2010.

PIRES, L.S.; SILVA. M.L.; CURI, N.; LEITE, F.; BRITO, L. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 687 - 695, abr. 2006.

POFF, N.L., et al. The natural flow regime – a paradigm for river conservation and restoration. **Bioscience** 47: 769 – 784, 1997.

POSTEL, S.; RICHTER, B. **Rivers for Life: Managing Water for People and Nature**. Washington: Island Press, pages 1 – 41. 2003.

PRICE, N.W. **A Comparisons of water balance components in natural and plantation forest in Salvador, Central America**, Turrialba-CR, v. 32, n. 4, p. 399 - 416, 1982.

RAUDKIVI, A.J. **Hydrology: an advanced introduction to hydrological processes and modeling**. New York, 479 p., 1979.

RAWLS, W.J.; BRAKESNSIEK, D.L.; SONI, B. Agricultural management effects on soil water process Part 1: soil water retention and Green-Ampt infiltration parameters. **Transaction of the ASAE**, v. 26, n. 6, p. 1747 - 1752, 1983.

REICHARDT, K. **Capacidade de campo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas v. 12, p. 211 - 216, 1988.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 478 p., 2004.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo - protótipos e teste. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1931 - 1935, nov./dez., 2006.

REYNOLDS, W.D. et al. Comparasion of tension infiltrometer, pressure infiltrometer, and soil core estimates of saturated hydraulic conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 478 - 484, 2000.

RODRÍGUEZ, J.A.; CAMARGO J.C. Erosión y escorrentía: indicadores de respuesta temprana del suelo a distintas coberturas en la zona cafetera de Colombia. **Recursos Naturales y Ambiente**, n. 58, p. 15 - 31, 2009.

RODRIGUES, M.F. **Monitoramento e Modelagem dos processos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas florestais no sul do Brasil**, 2011, 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

RODRIGUEZ, R.G. **Metodologia para a estimativa das demandas e disponibilidades hídricas: estudo de caso da Bacia do Paracatu**. Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Dissertação (Mestrado) Viçosa, 2004. 111 p.

RODRIGUES, L.N.; PRUSKI, F.F. Otimização do desempenho de sistemas de irrigação do tipo pivô central com o uso da equação de Green-Ampt. **In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, n. 26, 1997.

RODRIGUES, V.A. **Manejo da seringueira *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. e seus efeitos na produção de látex e na conservação da bacia do Córrego da Barra Grande**. 1999. 113 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - IGCE, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

RUTTER, A.J.; KERSHAW, K.A.; ROBINS, P.C. e MORTON, A.J. A predictive model of rainfall interception in forests. I. Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine. **Agriculture Meteorology**, 9, 367 - 384, 1971.

SACRAMENTO NETO, O. B. **Balanco hídrico em plantios jovens de eucalipto na região de Belo Oriente MG**. 2001. 77f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SANDOVAL, C. **Comportamiento hidrológico y gestión del agua para consumo humano en la microcuenca San Juan Otontepec, Veracruz, México**. 2010, 176 f. Tesis (Magister Scientiae en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica, 2010.

SEDIYAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, 1996.

SENTELHAS, P.C. et al. **Balances Hídricos Climatológicos do Brasil**. Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Exatas, Piracicaba, 1999 (Boletim Técnico). Disponível em: <<http://www.lc.eesalq.usp.br/nurma.html>> Acesso em: 27 de Julho. 2012.

SIBCS/EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 412 p., 1999.

SILVA, A.M.; MELLO, C.R. **Apostila de Hidrologia**. Universidade Federal de Lavras. In: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>. Acesso em: 31 mai 2014.

SILVA, I. F.; NÓBREGA, R. S.; GALVÍNIO, J. D. Impacto das mudanças climáticas nas respostas hidrológicas do rio Ipojuca (PE): parte 2: cenários de aumento de temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 2, n.2, p. 19-30, maio-ago. 2009. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewFile/69/47>>. Acesso em: 30 mai. 2014.

SMAKHTIN, V.; REVENGA, C.; DÖLL, P. Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments. **Comprehensive Assessment Research Report 2**. Colombo, Sri Lanka: Comprehensive Assessment Secretariat. 2004.

SOARES, J.V.; ALMEIDA, A.C. Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing Eucalyptus plantation in Brazil. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 253, p. 130 - 147, 2001.

SOUZA, J.L.M. **Modelo de análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. 2001. 253 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2001.

STEEGEN, A.; GOVERS, G.; NACHTERGAELE, J.; TAKKEN, I.; BEUSELINCK, L.; POESEN, J. Sediment export by water from an agricultural catchment in the Loam Belt of central Belgium. **Geomorphology**. v. 33, p. 25 - 36, 2000.

STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S., **Solos do Rio Grande do Sul**, 2nd ed. EMATER/RS, ASCAR, Porto Alegre, RS, Brasil, 222 p., 2008.

TOMASELLA, J.T.G.; ROSSATO, L. **Tópicos em Meio Ambiente e Ciências Atmosféricas – Balanço Hídrico**. INPE, São José dos Campos, 2005.

THANAPAKPAWIN, P. et al. Effects of land-use change on the hydrologic regime of the Mae Chaem river basin, NW Thailand. **Journal of Hydrology**, v. 334, n. 1, p. 215 - 230, 2007.

TREVISAN, R. **Estudo do balance hídrico e da dinâmica do nitrogênio em uma microbacia com plantação florestal de eucalipto no litoral norte do estado de São Paulo**. 2009. 111 f. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e Meio ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre. Ed. UFRGS, ABRH, 943 p., 2001.

TUCCI, C.E.M. IPHS1 - Manual de Fundamentos. Versão Preliminar Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS, 2004.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed., Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, p. 943, 2007.

TUCCI, C.E.M.; BELTRAME, L.F.S. Evaporação e evapotranspiração. In: TUCCI, A.E.M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre ABRH: EDUSP, p. 279 - 280, 1993.

UNESCO. **Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur**. Montevideo, Uruguay. 130 p., 1982.

VANCLAY, J.K.. Managing water use from forest plantations. **Forest Ecology and Management**, n. 257, p. 385 - 389, 2009.

VAN DIJK, A.I.J. M. Reforestation, water availability and stream salinity: a multi-scale analysis in the Murray-Darling Basin, Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 251, p. 94 - 109, 2007.

VAN DIJK, A.I.J.M.; KEENAN, R. Planted forests and water in perspective. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 251, p. 1 - 9, 2007.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892 - 898, 1980.

VESTENA, L. Análise da dinâmica hidrossedimentológica em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 413 - 424, dez. 2009.

VIEIRA, M.L. **Propriedades físico-hídrica-mecânica do solo e rendimento de milho submetido a diferentes sistemas de manejo**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS, 2006.

VIEIRA C.; PALMIER, L.R. Medida e modelagem da interceptação da chuva em uma área florestada na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n. 3, p. 101 – 112, 2006.

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

VINCKE, C.; THIRY, Y. Water table is a relevant source for water uptake by a scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stand: evidences from continuous evapotranspiration and water table monitoring. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 148, p. 1419 - 1432, 2008.

VITAL, M.H. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235 – 276, 2007.

VON STACKELBERG, N.O. et al. Simulation of the hydrologic effects of afforestation in the Tacuarembó River Basin, Uruguay. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 455 - 468, 2007.

WALLACE, J.S. Calculating evaporation: resistance to factors. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 73, p. 353 - 366, 1995.

WANG, Y.; ZHANG, B.; LIN, L.; ZEPP, H. Agroforestry system reduces subsurface lateral flow and nitrate loss in Jiangxi Province, China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 140, p. 441 - 453, 2011.

WANG, Q.G.; LIU, H.J.; LIU, S.P. Method for measurement of canopy interception under sprinkler irrigation. **Journal of irrigation and drainage**, 132 (2), 185 – 187, 2006.

WATUNG, R.L.; SUTHERLAND, R.A.; EL-SWAIFY, S.A. Influence of rainfall energy flux density and antecedent soil moisture content on splash transport and aggregate enrichment ratios for a Hawaiian Oxisol. **Soil Technology**, v. 9, p. 251 - 272, 1996.

WILK, J. Local perceptions about forests and water in two tropical catchments. **Geo Journal**, Amsterdam, v. 50, p. 339 - 347, 2000.

XU, X.; NIEBER, J. L.; GUPTA, S.C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. **Soil Science Society of America Journal**. 56:1743-1750, 1992.

ZHANG, L.; DAWES, W.R.; WALKER, G.R. Predicting the effect of vegetation changes on catchment average water balance. **Technical Report 99/12**. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, 1999. 35 p. Disponível em: <http://www.catchment.crc.org.au/pdfs/technical199912.pdf>. Acessado em: 29/08/2011.

ZWIRTES, A.L.; SPOHR, R.B.; BARONIO, C.A, ROHR, M.R. Caracterização físico-hídrica de solos submetidos a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 4, n 3. 2011.

7. ANEXOS

Anexo 1. Etapas para o cálculo do balanço hídrico nas bacias com eucalipto (BE) e campo (BC). São Gabriel-RS.

Abaixo são descritas as etapas para o cálculo do balanço hídrico nas bacias com eucalipto e campo:

1. Nas colunas 1 e 2 são apresentados os dados diários de precipitação e vazão, respectivamente.

2. A evapotranspiração potencial diária (ETp_i) foi calculada pelo método de Penman e a evapotranspiração potencial trimestral (ETp_{trim}) foi calculada pela soma dos valores diários de cada trimestre:

$$ETp_{trim} = \Sigma(ETp_1 + ETp_2 + \dots + ETp_n)$$

3. A estimativa da evapotranspiração real trimestral (ETr_{trim}) foi calculada considerando os seguintes pressupostos:

3.1 O armazenamento de água no solo no trimestre é igual a zero.

$$P_{trim} = Q_{trim} + ETr_{trim} + Dre_{trim} \pm \Delta s_{trim}, \text{ assumindo } \Delta s_{trim} \rightarrow 0, \text{ então:}$$

$$ETr_{trim} = P_{trim} - Q_{trim} - Dre_{trim} \pm 0,$$

A precipitação e vazão trimestral foram calculadas pela soma dos valores diários de cada trimestre. Já a drenagem foi estimada pela soma dos valores quinzenais de cada trimestre calculados com a equação 14, descrita no ponto 3.7.7.

3.2 O valor ETr_{trim} foi comparado com o valor de ETp_{trim} por meio do cálculo da razão entre eles, que foi chamado de “ k_{trim} ”, definido como:

$$k_{trim} = ETr_{trim} / ETp_{trim}$$

Para cada trimestre temos um fator k de conversão da evapotranspiração potencial em real.

3.3 A terceira etapa foi multiplicar o fator k trimestral pelos valores de evapotranspiração potencial diária (ETp_i). Assim temos uma estimativa da evapotranspiração real diária (ETr_i).

$$ETr_i = k_{trim} ETp_i$$

3.4 Importante salientar que esse método apresenta forte grau de incerteza, já que não foi determinado se o armazenamento tende a zero na escala trimestral, semestral ou anual.

Entretanto, na escala de bacia, com múltiplos usos, essa estratégia permite converter, mesmo que grosseiramente os valores de evapotranspiração diária potencial em real.

4. Depois se verificou a quantidade de água diária disponível (AD_i), com o objetivo de definir se apresentou déficit ou excesso de água, os quais foram obtidos pela diferença da precipitação diária (P_i) com a vazão diária (Q_i) e evapotranspiração real diária (ETr_i), e foram definidos da seguinte maneira (coluna 4):

$$AD_i = P_i - Q_i - ETr_i$$

5. O cálculo do armazenamento de água diário no solo (ARM_i) foi realizado pela soma entre o armazenamento de água no dia anterior (ARM_{i-1}) mais a precipitação (P_i) menos a vazão (Q_i) e a evapotranspiração real (ETr_i) do dia considerado (coluna 5):

$$ARM_i = ARM_{i-1} \pm AD_i$$

O armazenamento de água no solo só pode tomar valores entre 0 (solo seco) e o armazenamento máximo de água no solo que para efeito dos cálculos para a bacia de eucalipto foi de 88,4 mm e para a bacia de campo foi de 64,2 mm.

6. A variação de umidade no solo (Δs) é o resultado da diferença entre o valor do armazenamento de água no dia considerado e o armazenamento de água no dia anterior e foi estimada da seguinte maneira (coluna 6):

$$\Delta s_i = ARM_i - ARM_{i-1}$$

7. A drenagem diária (Dre_i) foi estimada como a diferença entre a precipitação menos a evapotranspiração, vazão e variação da umidade do solo do dia considerado, da seguinte maneira (coluna 7):

$$Dre_i = P_i - ETr_i - Q_i - \Delta s_i$$

8. Pode-se verificar os cálculos do balanço hídrico anual usando as relações descritas na

$$\text{Equação: } P_{\text{ano}} = Q_{\text{ano}} + ETr_{\text{ano}} + \Delta s_{\text{ano}} + Dre_{\text{ano}}$$

Os totais nas tabelas dos anexos 2 e 3 resultam da aplicação desta equação.

Anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto (BE)

O balanço hídrico é a maneira de computar o movimento de água no solo num intervalo de tempo representando o balanço entre entradas de água, que são as chuvas e as saídas de água da bacia, que é a evapotranspiração, deflúvio e drenagem profunda. O balanço hídrico foi estimado diariamente, a partir de pressupostos trimestrais. Anualmente foi feita uma verificação dos cálculos diários em cada bacia com a equação:

$$P_{\text{ano}} = Q_{\text{ano}} + ETr_{\text{ano}} + \Delta s_{\text{ano}} + Dre_{\text{ano}}$$

Em que: P_{ano} = precipitação no ano (mm); ETr_{ano} = evapotranspiração real no ano (mm); Q_{ano} = vazão no ano (mm); Δs_{ano} = variação da umidade do solo no ano (mm), Dre_{ano} = drenagem de água no solo no ano (mm).

Anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas. São Gabriel-RS.

Data	1	2	3	4	5	6	7
	P	Q	Etr	Δ (P-Q-ETr)	Arm	Δs	Dre
Mm							
01/10/2012	16,9	0,4	0,7	15,8	88,4	0,0	15,8
02/10/2012	38,2	0,7	0,3	37,2	88,4	0,0	37,2
03/10/2012	0,0	1,0	1,3	-2,3	86,1	-2,3	0
04/10/2012	0,0	0,5	1,9	-2,4	83,7	-2,4	0
05/10/2012	0,0	0,4	2,2	-2,6	81,0	-2,6	0
06/10/2012	12,4	0,5	1,2	10,7	88,4	7,4	3,4
07/10/2012	12,4	0,8	0,9	10,8	88,4	0,0	10,8
08/10/2012	15,2	1,1	1,1	13,1	88,4	0,0	13,1
09/10/2012	76,2	13,1	0,4	62,7	88,4	0,0	62,7
10/10/2012	1,9	3,4	1,5	-3,1	85,3	-3,1	0
11/10/2012	0,0	1,7	2,4	-4,1	81,3	-4,1	0
12/10/2012	0,0	1,1	2,8	-3,9	77,4	-3,9	0
13/10/2012	0,0	0,8	3,4	-4,3	73,1	-4,3	0
14/10/2012	0,0	0,7	3,4	-4,1	69,0	-4,1	0
15/10/2012	14,9	0,7	2,1	12,0	81,0	12,0	0
16/10/2012	0,0	0,7	3,1	-3,8	77,2	-3,8	0
17/10/2012	0,0	0,5	2,4	-2,9	74,3	-2,9	0
18/10/2012	0,0	0,5	3,0	-3,4	70,8	-3,4	0
19/10/2012	0,0	0,4	3,6	-4,1	66,7	-4,1	0
20/10/2012	0,0	0,4	2,0	-2,4	64,3	-2,4	0
21/10/2012	0,4	0,4	2,2	-2,2	62,1	-2,2	0

Continuação anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas. São Gabriel-RS.

22/10/2012	28,0	1,3	0,8	25,9	88,0	25,9	0
23/10/2012	0,4	0,6	2,5	-2,7	85,3	-2,7	0
24/10/2012	0,0	0,5	3,1	-3,6	81,8	-3,6	0
25/10/2012	0,0	0,4	2,9	-3,4	78,4	-3,4	0
26/10/2012	0,0	0,4	3,6	-4,0	74,4	-4,0	0
27/10/2012	0,8	0,4	1,9	-1,5	72,8	-1,5	0
28/10/2012	0,0	0,4	1,2	-1,6	71,2	-1,6	0
29/10/2012	24,7	0,8	0,6	23,2	88,4	17,2	6,1
30/10/2012	0,0	0,5	1,4	-2,0	86,4	-2,0	0
31/10/2012	0,8	0,5	2,3	-2,0	84,4	-2,0	0
01/11/2012	0,0	0,4	2,9	-3,3	81,1	-3,3	0
02/11/2012	0,0	0,4	3,8	-4,2	77,0	-4,2	0
03/11/2012	0,0	0,4	3,8	-4,2	72,7	-4,2	0
04/11/2012	0,0	0,3	3,5	-3,8	68,9	-3,8	0
05/11/2012	0,0	0,3	3,6	-4,0	65,0	-4,0	0
06/11/2012	0,0	0,3	3,4	-3,7	61,2	-3,7	0
07/11/2012	0,0	0,3	3,8	-4,2	57,1	-4,2	0
08/11/2012	0,0	0,3	3,8	-4,1	53,0	-4,1	0
09/11/2012	0,0	0,3	3,8	-4,1	48,9	-4,1	0
10/11/2012	3,7	0,3	2,2	1,1	49,9	1,1	0
11/11/2012	0,0	0,3	2,2	-2,5	47,4	-2,5	0
12/11/2012	0,0	0,3	2,6	-2,9	44,5	-2,9	0
13/11/2012	0,0	0,3	2,6	-2,9	41,6	-2,9	0
14/11/2012	0,0	0,3	3,0	-3,3	38,3	-3,3	0
15/11/2012	0,0	0,3	3,7	-4,0	34,3	-4,0	0
16/11/2012	0,0	0,2	4,2	-4,5	29,9	-4,5	0
17/11/2012	0,0	0,2	4,4	-4,7	25,2	-4,7	0
18/11/2012	7,1	0,3	4,1	2,6	27,8	2,6	0
19/11/2012	27,7	0,7	2,6	24,4	52,3	24,4	0
20/11/2012	0,3	0,3	3,2	-3,3	49,0	-3,3	0
21/11/2012	0,0	0,3	4,6	-4,9	44,1	-4,9	0
22/11/2012	22,5	0,5	4,2	17,8	62,0	17,8	0
23/11/2012	0,0	0,5	1,7	-2,2	59,8	-2,2	0
24/11/2012	0,0	0,3	3,6	-3,9	55,9	-3,9	0
25/11/2012	0,0	0,3	3,9	-4,2	51,8	-4,2	0
26/11/2012	0,0	0,2	4,1	-4,3	47,4	-4,3	0
27/11/2012	0,0	0,2	3,9	-4,1	43,3	-4,1	0
28/11/2012	0,0	0,2	3,6	-3,9	39,4	-3,9	0
29/11/2012	0,0	0,2	3,1	-3,3	36,1	-3,3	0
30/11/2012	0,0	0,2	4,1	-4,3	31,8	-4,3	0
01/12/2012	0,3	0,2	2,9	-2,8	28,9	-2,8	0
02/12/2012	0,0	0,2	4,0	-4,2	24,8	-4,2	0
03/12/2012	0,0	0,2	4,5	-4,7	20,1	-4,7	0
04/12/2012	29,1	0,5	1,6	27,0	47,1	27,0	0

Continuação anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas. São Gabriel-RS.

05/12/2012	0,3	0,3	3,3	-3,3	43,8	-3,3	0
06/12/2012	0,0	0,2	2,6	-2,9	40,9	-2,9	0
07/12/2012	4,1	0,3	1,2	2,6	43,5	2,6	0
08/12/2012	0,0	0,2	3,9	-4,1	39,4	-4,1	0
09/12/2012	0,0	0,2	3,8	-4,0	35,4	-4,0	0
10/12/2012	7,5	0,2	4,2	3,1	38,4	3,1	0
11/12/2012	8,1	0,4	3,7	4,1	42,6	4,1	0
12/12/2012	31,9	0,5	0,8	30,7	73,3	30,7	0
13/12/2012	14,4	1,2	2,6	10,7	83,9	10,7	0
14/12/2012	0,0	0,4	4,3	-4,7	79,2	-4,7	0
15/12/2012	0,0	0,3	3,7	-4,0	75,2	-4,0	0
16/12/2012	14,1	0,4	3,9	9,8	85,1	9,8	0
17/12/2012	0,0	0,3	3,1	-3,4	81,7	-3,4	0
18/12/2012	2,8	0,3	3,4	-0,8	80,9	-0,8	0
19/12/2012	2,8	0,3	2,3	0,2	81,1	0,2	0
20/12/2012	3,8	0,3	1,6	1,9	83,0	1,9	0
21/12/2012	37,9	1,2	1,7	35,0	88,4	5,4	29,6
22/12/2012	0,0	0,5	4,2	-4,7	83,7	-4,7	0
23/12/2012	0,0	0,4	3,7	-4,1	79,6	-4,1	0
24/12/2012	0,0	0,3	3,7	-4,0	75,7	-4,0	0
25/12/2012	1,6	0,3	4,1	-2,8	72,8	-2,8	0
26/12/2012	61,1	3,1	1,1	56,9	88,4	15,6	41,3
27/12/2012	7,5	1,1	1,2	5,2	88,4	0,0	5,2
28/12/2012	0,0	0,8	2,9	-3,7	84,7	-3,7	0
29/12/2012	0,0	0,6	3,1	-3,8	81,0	-3,8	0
30/12/2012	0,0	0,5	3,2	-3,7	77,3	-3,7	0
31/12/2012	17,9	0,6	3,2	14,1	88,4	11,1	3,0
01/01/2013	6,5	0,7	3,1	2,7	88,4	0,0	2,7
02/01/2013	0,0	0,4	3,8	-4,2	84,2	-4,2	0
03/01/2013	0,0	0,4	3,9	-4,3	79,9	-4,3	0
04/01/2013	0,0	0,4	3,8	-4,1	75,7	-4,1	0
05/01/2013	23,2	0,6	0,9	21,6	88,4	12,7	9,0
06/01/2013	0,0	0,4	1,6	-2,0	86,4	-2,0	0
07/01/2013	38,1	1,0	0,6	36,5	88,4	2,0	34,5
08/01/2013	7,5	1,0	2,4	4,1	88,4	0,0	4,1
09/01/2013	0,0	0,6	3,4	-4,0	84,4	-4,0	0
10/01/2013	0,0	0,5	4,2	-4,7	79,7	-4,7	0
11/01/2013	0,0	0,5	4,1	-4,6	75,1	-4,6	0
12/01/2013	0,0	0,4	4,1	-4,5	70,6	-4,5	0
13/01/2013	0,0	0,4	3,9	-4,3	66,3	-4,3	0
14/01/2013	0,0	0,4	3,4	-3,7	62,5	-3,7	0
15/01/2013	0,0	0,3	3,7	-4,0	58,5	-4,0	0
16/01/2013	0,0	0,3	3,7	-4,0	54,5	-4,0	0

Continuação anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas. São Gabriel-RS.

17/01/2013	0,0	0,3	2,9	-3,2	51,2	-3,2	0
18/01/2013	0,0	0,3	2,9	-3,2	48,0	-3,2	0
19/01/2013	1,0	0,3	3,3	-2,6	45,4	-2,6	0
20/01/2013	0,0	0,3	3,6	-3,8	41,6	-3,8	0
21/01/2013	0,0	0,2	4,1	-4,4	37,2	-4,4	0
22/01/2013	0,0	0,2	4,1	-4,3	32,8	-4,3	0
23/01/2013	0,0	0,2	3,2	-3,5	29,4	-3,5	0
24/01/2013	7,5	0,3	2,2	5,1	34,4	5,1	0
25/01/2013	0,0	0,2	3,0	-3,2	31,2	-3,2	0
26/01/2013	0,0	0,2	3,6	-3,8	27,4	-3,8	0
27/01/2013	0,0	0,2	3,9	-4,1	23,3	-4,1	0
28/01/2013	0,0	0,2	4,2	-4,4	18,9	-4,4	0
29/01/2013	0,0	0,2	3,8	-4,0	14,8	-4,0	0
30/01/2013	0,0	0,2	3,7	-3,9	10,9	-3,9	0
31/01/2013	0,0	0,2	3,4	-3,6	7,3	-3,6	0
01/02/2013	0,0	0,2	3,7	-3,9	3,4	-3,9	0
02/02/2013	11,6	0,3	1,9	9,4	12,8	9,4	0
03/02/2013	7,0	0,3	2,7	4,1	16,8	4,1	0
04/02/2013	0,0	0,2	3,6	-3,8	13,0	-3,8	0
05/02/2013	0,0	0,2	3,9	-4,1	9,0	-4,1	0
06/02/2013	0,0	0,2	3,5	-3,7	5,3	-3,7	0
07/02/2013	0,0	0,2	4,0	-4,2	1,1	-4,2	0
08/02/2013	0,0	0,2	1,0	-1,2	0,0	-1,2	0
09/02/2013	6,7	0,2	3,2	3,3	3,2	3,3	0
10/02/2013	23,5	0,4	2,4	20,6	23,9	20,6	0
11/02/2013	0,6	0,2	2,4	-2,0	21,8	-2,0	0
12/02/2013	0,3	0,2	2,6	-2,5	19,3	-2,5	0
13/02/2013	0,0	0,2	2,6	-2,8	16,5	-2,8	0
14/02/2013	0,0	0,2	2,3	-2,5	14,1	-2,5	0
15/02/2013	0,0	0,2	2,1	-2,2	11,8	-2,2	0
16/02/2013	0,0	0,2	3,2	-3,3	8,5	-3,3	0
17/02/2013	16,8	0,3	1,3	15,2	23,6	15,2	0
18/02/2013	18,3	0,3	2,0	15,9	39,6	15,9	0
19/02/2013	0,0	0,2	1,8	-2,1	37,5	-2,1	0
20/02/2013	8,2	0,3	1,0	7,0	44,5	7,0	0
21/02/2013	0,9	0,2	2,1	-1,4	43,1	-1,4	0
22/02/2013	0,0	0,2	3,1	-3,3	39,8	-3,3	0
23/02/2013	0,0	0,3	3,6	-3,9	35,8	-3,9	0
24/02/2013	11,0	0,2	2,5	8,2	44,1	8,2	0
25/02/2013	0,3	0,2	2,1	-1,9	42,1	-1,9	0
26/02/2013	0,0	0,2	3,1	-3,3	38,8	-3,3	0
27/02/2013	0,0	0,2	3,2	-3,4	35,4	-3,4	0
28/02/2013	0,0	0,2	3,4	-3,5	31,9	-3,5	0

Continuação anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas. São Gabriel-RS.

01/03/2013	0,0	0,1	3,6	-3,7	28,2	-3,7	0
02/03/2013	0,0	0,2	1,4	-1,6	26,6	-1,6	0
03/03/2013	9,1	0,2	0,8	8,1	34,8	8,1	0
04/03/2013	0,9	0,2	2,7	-1,9	32,8	-1,9	0
05/03/2013	0,0	0,1	2,6	-2,8	30,1	-2,8	0
06/03/2013	0,0	0,1	2,9	-3,0	27,1	-3,0	0
07/03/2013	0,0	0,1	3,0	-3,1	24,0	-3,1	0
08/03/2013	5,7	0,2	0,6	4,8	28,8	4,8	0
09/03/2013	0,0	0,2	1,0	-1,1	27,7	-1,1	0
10/03/2013	16,7	0,3	1,9	14,5	42,1	14,5	0
11/03/2013	0,0	0,2	1,5	-1,7	40,5	-1,7	0
12/03/2013	15,1	0,3	1,0	13,8	54,3	13,8	0
13/03/2013	0,0	0,2	2,7	-2,9	51,4	-2,9	0
14/03/2013	0,0	0,2	2,6	-2,8	48,6	-2,8	0
15/03/2013	0,0	0,1	2,5	-2,7	46,0	-2,7	0
16/03/2013	0,0	0,1	2,3	-2,5	43,5	-2,5	0
17/03/2013	0,0	0,1	2,9	-3,1	40,4	-3,1	0
18/03/2013	0,0	0,1	1,8	-2,0	38,5	-2,0	0
19/03/2013	5,7	0,2	2,4	3,1	41,6	3,1	0
20/03/2013	17,6	0,3	1,3	16,0	57,5	16,0	0
21/03/2013	0,6	0,2	1,6	-1,1	56,4	-1,1	0
22/03/2013	0,0	0,2	2,4	-2,5	53,9	-2,5	0
23/03/2013	0,0	0,2	2,9	-3,0	50,9	-3,0	0
24/03/2013	0,0	0,1	3,6	-3,8	47,1	-3,8	0
25/03/2013	0,0	0,1	2,5	-2,7	44,5	-2,7	0
26/03/2013	0,0	0,1	2,5	-2,6	41,9	-2,6	0
27/03/2013	0,0	0,1	2,0	-2,1	39,8	-2,1	0
28/03/2013	0,0	0,1	1,9	-2,0	37,8	-2,0	0
29/03/2013	0,0	0,1	3,1	-3,2	34,5	-3,2	0
30/03/2013	0,0	0,1	2,4	-2,6	32,0	-2,6	0
31/03/2013	0,0	0,1	1,7	-1,8	30,1	-1,8	0
01/04/2013	1,3	0,1	1,2	0,0	30,1	0,0	0
02/04/2013	0,0	0,1	2,7	-2,9	27,2	-2,9	0
03/04/2013	0,0	0,1	2,6	-2,7	24,5	-2,7	0
04/04/2013	22,0	0,1	1,0	20,9	45,4	20,9	0
05/04/2013	0,0	0,1	2,8	-3,0	42,5	-3,0	0
06/04/2013	0,0	0,1	2,7	-2,9	39,6	-2,9	0
07/04/2013	0,0	0,1	2,3	-2,4	37,2	-2,4	0
08/04/2013	0,0	0,1	2,5	-2,6	34,6	-2,6	0
09/04/2013	0,0	0,1	2,3	-2,5	32,1	-2,5	0
10/04/2013	0,0	0,1	3,5	-3,7	28,4	-3,7	0
11/04/2013	93,4	1,5	1,8	90,0	88,4	60,0	30,1
12/04/2013	13,7	1,4	1,7	10,6	88,4	0,0	10,6

Continuação anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas. São Gabriel-RS.

13/04/2013	0,0	0,4	2,2	-2,6	85,8	-2,6	0
14/04/2013	0,0	0,3	2,8	-3,1	82,7	-3,1	0
15/04/2013	0,0	0,2	2,6	-2,8	79,8	-2,8	0
16/04/2013	0,0	0,2	1,8	-2,0	77,8	-2,0	0
17/04/2013	0,0	0,2	3,0	-3,2	74,6	-3,2	0
18/04/2013	0,0	0,2	2,5	-2,7	71,9	-2,7	0
19/04/2013	0,0	0,2	2,3	-2,5	69,4	-2,5	0
20/04/2013	0,0	0,2	2,2	-2,4	67,0	-2,4	0
21/04/2013	0,0	0,2	2,3	-2,5	64,5	-2,5	0
22/04/2013	0,0	0,2	2,2	-2,4	62,1	-2,4	0
23/04/2013	0,0	0,2	2,1	-2,3	59,8	-2,3	0
24/04/2013	0,0	0,2	2,0	-2,1	57,7	-2,1	0
25/04/2013	0,0	0,2	2,9	-3,1	54,6	-3,1	0
26/04/2013	0,0	0,2	2,5	-2,7	51,9	-2,7	0
27/04/2013	0,0	0,2	3,3	-3,5	48,4	-3,5	0
28/04/2013	3,5	0,2	1,6	1,8	50,2	1,8	0
29/04/2013	65,6	2,0	0,7	62,9	88,4	38,2	24,7
30/04/2013	0,0	0,5	1,8	-2,3	86,1	-2,3	0
01/05/2013	0,0	0,4	1,4	-1,8	84,3	-1,8	0
02/05/2013	3,1	0,3	3,0	-0,2	84,1	-0,2	0
03/05/2013	33,0	2,5	0,4	30,1	88,4	4,3	25,8
04/05/2013	18,7	1,1	2,0	15,6	88,4	0,0	15,6
05/05/2013	0,0	0,7	1,4	-2,0	86,4	-2,0	0
06/05/2013	0,0	0,5	2,3	-2,8	83,5	-2,8	0
07/05/2013	0,0	0,5	1,7	-2,1	81,4	-2,1	0
08/05/2013	0,0	0,4	1,8	-2,2	79,2	-2,2	0
09/05/2013	0,0	0,4	3,2	-3,6	75,7	-3,6	0
10/05/2013	0,0	0,3	2,3	-2,7	73,0	-2,7	0
11/05/2013	0,0	0,3	1,0	-1,4	71,6	-1,4	0
12/05/2013	3,1	0,4	1,3	1,5	73,1	1,5	0
13/05/2013	0,8	0,3	1,2	-0,7	72,4	-0,7	0
14/05/2013	0,0	0,3	0,7	-1,0	71,4	-1,0	0
15/05/2013	0,4	0,4	1,1	-1,1	70,3	-1,1	0
16/05/2013	1,2	0,3	2,3	-1,5	68,9	-1,5	0
17/05/2013	0,4	0,3	1,8	-1,7	67,2	-1,7	0
18/05/2013	0,0	0,2	0,7	-0,9	66,3	-0,9	0
19/05/2013	0,4	0,8	0,0	-0,4	65,8	-0,4	0
20/05/2013	1,6	1,0	0,2	0,3	66,1	0,3	0
21/05/2013	7,1	0,6	0,6	5,8	72,0	5,8	0
22/05/2013	13,8	0,5	0,8	12,5	84,5	12,5	0
23/05/2013	26,8	0,4	1,0	25,3	88,4	3,9	21,4
24/05/2013	15,7	0,4	0,7	14,6	88,4	0,0	14,6
25/05/2013	0,0	0,4	1,2	-1,6	86,8	-1,6	0

Continuação anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas. São Gabriel-RS.

26/05/2013	0,0	0,3	1,0	-1,3	85,5	-1,3	0
27/05/2013	0,0	0,3	1,1	-1,4	84,1	-1,4	0
28/05/2013	0,0	0,4	0,6	-1,0	83,0	-1,0	0
29/05/2013	37,4	1,1	1,4	34,9	88,4	5,4	29,5
30/05/2013	0,4	0,6	1,7	-1,8	86,6	-1,8	0
31/05/2013	0,0	0,5	0,7	-1,2	85,4	-1,2	0
01/06/2013	15,2	1,6	0,6	13,0	88,4	3,0	10,0
02/06/2013	0,4	0,8	1,1	-1,5	86,9	-1,5	0
03/06/2013	0,0	0,6	1,3	-1,9	85,0	-1,9	0
04/06/2013	0,0	0,5	1,4	-1,9	83,1	-1,9	0
05/06/2013	0,0	0,5	1,3	-1,7	81,4	-1,7	0
06/06/2013	0,0	0,4	1,0	-1,4	80,0	-1,4	0
07/06/2013	0,0	0,4	1,4	-1,8	78,2	-1,8	0
08/06/2013	0,0	0,4	1,3	-1,7	76,5	-1,7	0
09/06/2013	0,0	0,3	0,8	-1,1	75,4	-1,1	0
10/06/2013	0,0	0,3	0,7	-1,1	74,3	-1,1	0
11/06/2013	0,0	0,3	0,8	-1,1	73,2	-1,1	0
12/06/2013	0,4	0,3	1,1	-1,0	72,3	-1,0	0
13/06/2013	0,4	0,2	1,0	-0,8	71,5	-0,8	0
14/06/2013	0,0	0,2	1,4	-1,5	70,0	-1,5	0
15/06/2013	0,0	0,3	1,6	-1,8	68,1	-1,8	0
16/06/2013	0,0	0,3	0,5	-0,7	67,4	-0,7	0
17/06/2013	0,0	0,2	0,4	-0,7	66,8	-0,7	0
18/06/2013	0,0	0,2	0,6	-0,9	65,9	-0,9	0
19/06/2013	0,4	0,2	0,7	-0,5	65,4	-0,5	0
20/06/2013	0,0	0,1	1,4	-1,5	63,8	-1,5	0
21/06/2013	23,4	1,5	0,4	21,6	85,4	21,6	0
22/06/2013	45,5	7,0	1,4	37,2	88,4	3,0	34,2
23/06/2013	5,7	9,8	1,1	-5,3	83,1	-5,3	0
24/06/2013	0,0	10,1	0,7	-10,8	72,4	-10,8	0
25/06/2013	8,7	7,2	0,3	1,2	73,6	1,2	0
26/06/2013	0,4	0,4	1,4	-1,4	72,1	-1,4	0
27/06/2013	0,0	0,4	1,2	-1,6	70,6	-1,6	0
28/06/2013	13,1	0,6	1,0	11,5	82,1	11,5	0
29/06/2013	15,4	1,5	0,9	12,9	88,4	6,3	6,6
30/06/2013	0,0	0,7	1,3	-2,0	86,4	-2,0	0
01/07/2013	0,0	0,6	1,4	-2,0	84,4	-2,0	0
02/07/2013	0,0	0,5	1,2	-1,8	82,7	-1,8	0
03/07/2013	0,0	0,5	1,3	-1,8	80,9	-1,8	0
04/07/2013	34,9	0,7	0,8	33,4	88,4	7,5	25,9
05/07/2013	4,6	0,9	0,4	3,3	88,4	0,0	3,3
06/07/2013	14,5	0,8	0,8	12,9	88,4	0,0	12,9
07/07/2013	7,8	1,1	1,4	5,3	88,4	0,0	5,3

Continuação anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas. São Gabriel-RS.

08/07/2013	0,9	0,8	1,6	-1,5	86,9	-1,5	0
09/07/2013	0,0	0,7	1,0	-1,7	85,2	-1,7	0
10/07/2013	0,0	0,6	1,1	-1,8	83,4	-1,8	0
11/07/2013	0,0	0,6	0,9	-1,5	81,9	-1,5	0
12/07/2013	20,2	0,7	0,4	19,2	88,4	6,5	12,7
13/07/2013	0,9	0,6	2,1	-1,9	86,5	-1,9	0
14/07/2013	2,3	0,6	1,9	-0,1	86,4	-0,1	0
15/07/2013	0,0	0,4	1,5	-2,0	84,4	-2,0	0
16/07/2013	0,0	0,5	1,5	-2,0	82,4	-2,0	0
17/07/2013	0,0	0,4	1,2	-1,7	80,8	-1,7	0
18/07/2013	8,0	0,5	0,3	7,3	88,1	7,3	0
19/07/2013	0,0	0,4	1,9	-2,3	85,7	-2,3	0
20/07/2013	8,5	0,4	0,5	7,6	88,4	2,7	4,9
21/07/2013	0,5	0,4	1,1	-1,0	87,4	-1,0	0
22/07/2013	0,0	0,4	1,1	-1,5	85,9	-1,5	0
23/07/2013	0,9	0,3	0,8	-0,2	85,7	-0,2	0
24/07/2013	0,0	0,3	1,1	-1,4	84,3	-1,4	0
25/07/2013	0,0	0,3	1,2	-1,5	82,8	-1,5	0
26/07/2013	0,0	0,3	1,4	-1,7	81,2	-1,7	0
27/07/2013	0,0	0,3	1,0	-1,3	79,8	-1,3	0
28/07/2013	0,0	0,3	1,1	-1,4	78,5	-1,4	0
29/07/2013	0,0	0,3	1,3	-1,6	76,9	-1,6	0
30/07/2013	0,0	0,3	1,3	-1,6	75,3	-1,6	0
31/07/2013	0,0	0,3	1,4	-1,7	73,6	-1,7	0
01/08/2013	0,0	0,3	1,0	-1,3	72,3	-1,3	0
02/08/2013	26,0	0,5	0,5	25,0	88,4	16,1	8,9
03/08/2013	1,2	0,3	0,8	0,1	88,4	0,0	0,1
04/08/2013	0,0	0,3	1,3	-1,6	86,8	-1,6	0
05/08/2013	0,2	0,3	1,6	-1,6	85,2	-1,6	0
06/08/2013	0,0	0,5	1,6	-2,0	83,1	-2,0	0
07/08/2013	0,7	0,5	0,9	-0,7	82,4	-0,7	0
08/08/2013	12,0	0,5	0,6	10,8	88,4	6,0	4,9
09/08/2013	0,7	0,5	0,6	-0,5	87,9	-0,5	0
10/08/2013	1,4	0,5	0,6	0,3	88,2	0,3	0
11/08/2013	0,2	0,5	1,2	-1,5	86,8	-1,5	0
12/08/2013	0,0	0,5	1,3	-1,8	85,0	-1,8	0
13/08/2013	0,0	0,5	0,3	-0,8	84,3	-0,8	0
14/08/2013	0,0	0,4	1,3	-1,8	82,5	-1,8	0
15/08/2013	0,0	0,3	1,4	-1,7	80,7	-1,7	0
16/08/2013	0,0	0,3	1,5	-1,8	78,9	-1,8	0
17/08/2013	0,0	0,3	1,6	-1,9	77,0	-1,9	0
18/08/2013	0,0	0,3	2,0	-2,3	74,7	-2,3	0
19/08/2013	0,0	0,3	2,1	-2,4	72,4	-2,4	0

Continuação anexo 2. Balanço hídrico diário na bacia com eucalipto no Horto Florestal Ponta das Canas. São Gabriel-RS.

20/08/2013	0,0	0,3	1,9	-2,2	70,2	-2,2	0
21/08/2013	1,6	0,3	1,5	-0,2	70,0	-0,2	0
22/08/2013	21,6	0,5	0,5	20,6	88,4	18,4	2,2
23/08/2013	0,0	0,4	1,1	-1,5	86,9	-1,5	0
24/08/2013	11,7	0,4	0,7	10,6	88,4	1,5	9,1
25/08/2013	2,1	0,4	1,2	0,5	88,4	0,0	0,5
26/08/2013	0,0	0,4	0,9	-1,2	87,2	-1,2	0
27/08/2013	0,5	0,3	1,8	-1,6	85,6	-1,6	0
28/08/2013	0,0	0,3	1,6	-2,0	83,6	-2,0	0
29/08/2013	0,0	0,3	1,7	-2,0	81,6	-2,0	0
30/08/2013	0,0	0,3	1,9	-2,2	79,4	-2,2	0
31/08/2013	0,0	0,3	1,6	-1,9	77,5	-1,9	0
01/09/2013	0,0	0,3	2,4	-2,7	74,8	-2,7	0
02/09/2013	0,0	0,3	1,5	-1,8	73,1	-1,8	0
03/09/2013	0,0	0,3	1,8	-2,1	70,9	-2,1	0
04/09/2013	0,0	0,3	2,4	-2,7	68,3	-2,7	0
05/09/2013	0,0	0,3	2,8	-3,1	65,2	-3,1	0
06/09/2013	0,0	0,3	1,8	-2,1	63,1	-2,1	0
07/09/2013	0,0	0,3	2,0	-2,3	60,8	-2,3	0
08/09/2013	6,0	0,3	2,0	3,7	64,5	3,7	0
09/09/2013	0,0	0,3	2,4	-2,6	61,9	-2,6	0
10/09/2013	0,0	0,3	2,9	-3,1	58,8	-3,1	0
11/09/2013	0,0	0,2	3,1	-3,4	55,4	-3,4	0
12/09/2013	0,0	0,2	3,4	-3,6	51,8	-3,6	0
13/09/2013	0,0	0,2	2,4	-2,7	49,1	-2,7	0
14/09/2013	1,2	0,2	1,3	-0,3	48,8	-0,3	0
15/09/2013	31,5	0,7	1,3	29,6	78,4	29,6	0
16/09/2013	1,4	0,4	1,7	-0,7	77,7	-0,7	0
17/09/2013	0,6	0,3	1,4	-1,2	76,5	-1,2	0
18/09/2013	0,0	0,3	3,2	-3,5	73,0	-3,5	0
19/09/2013	0,0	0,3	3,3	-3,5	69,5	-3,5	0
20/09/2013	0,0	0,3	1,6	-1,8	67,6	-1,8	0
21/09/2013	0,0	0,3	1,5	-1,8	65,8	-1,8	0
22/09/2013	9,0	0,3	0,7	8,0	73,8	8,0	0
23/09/2013	6,8	0,4	1,6	4,9	78,7	4,9	0
24/09/2013	2,5	0,4	0,9	1,3	80,0	1,3	0
25/09/2013	0,0	0,3	3,2	-3,5	76,5	-3,5	0
26/09/2013	0,0	0,3	3,1	-3,4	73,1	-3,4	0
27/09/2013	0,0	0,3	2,7	-3,0	70,1	-3,0	0
28/09/2013	0,6	0,3	1,1	-0,7	69,4	-0,7	0
29/09/2013	0,0	0,3	0,3	-0,6	68,8	-0,6	0
30/09/2013	2,1	0,3	0,8	1,1	69,9	1,1	0
TOTAL	1548	195	779			- 18	592

Anexo 3. Balanço hídrico diário na bacia de campo com pastagem, Fazenda Alvorada, São Gabriel-RS.

Data	1	2	3	4	5	6	7
	P	Q	Etr	Δ (P-Q-ETr)	Arm	Δs	Dre
Mm							
01/10/2012	17,7	1,9	0,5	15,2	64,2	0,0	15,2
02/10/2012	39,9	4,3	0,2	35,4	64,2	0,0	35,4
03/10/2012	0,0	3,9	1,0	-4,8	59,4	-4,8	0,0
04/10/2012	0,0	1,4	1,4	-2,8	56,6	-2,8	0,0
05/10/2012	0,0	1,1	1,6	-2,6	54,0	-2,6	0,0
06/10/2012	13,0	2,1	0,9	10,0	63,9	10,0	0,0
07/10/2012	13,0	3,1	0,6	9,2	64,2	0,3	9,0
08/10/2012	15,9	3,7	0,8	11,5	64,2	0,0	11,5
09/10/2012	79,6	51,8	0,3	27,5	64,2	0,0	27,5
10/10/2012	2,0	7,3	1,1	-6,4	57,8	-6,4	0,0
11/10/2012	0,0	3,3	1,7	-5,0	52,8	-5,0	0,0
12/10/2012	0,0	2,3	2,0	-4,3	48,5	-4,3	0,0
13/10/2012	0,0	1,8	2,5	-4,2	44,2	-4,2	0,0
14/10/2012	0,0	1,4	2,5	-3,9	40,3	-3,9	0,0
15/10/2012	15,5	2,5	1,5	11,6	51,9	11,6	0,0
16/10/2012	0,0	2,3	2,3	-4,6	47,3	-4,6	0,0
17/10/2012	0,0	1,2	1,7	-3,0	44,3	-3,0	0,0
18/10/2012	0,0	1,0	2,1	-3,2	41,2	-3,2	0,0
19/10/2012	0,0	0,9	2,6	-3,5	37,6	-3,5	0,0
20/10/2012	0,0	0,8	1,4	-2,2	35,4	-2,2	0,0
21/10/2012	0,4	0,8	1,6	-2,0	33,4	-2,0	0,0
22/10/2012	29,3	6,3	0,6	22,4	55,8	22,4	0,0
23/10/2012	0,4	1,7	1,8	-3,1	52,7	-3,1	0,0
24/10/2012	0,0	1,1	2,2	-3,4	49,4	-3,4	0,0
25/10/2012	0,0	0,9	2,1	-3,0	46,3	-3,0	0,0
26/10/2012	0,0	0,7	2,6	-3,3	43,0	-3,3	0,0
27/10/2012	0,8	0,6	1,4	-1,2	41,8	-1,2	0,0
28/10/2012	0,0	0,7	0,9	-1,6	40,2	-1,6	0,0
29/10/2012	25,8	4,3	0,5	20,9	61,2	20,9	0,0
30/10/2012	0,0	1,9	1,0	-2,9	58,2	-2,9	0,0
31/10/2012	0,8	1,1	1,7	-2,1	56,2	-2,1	0,0
01/11/2012	0,0	0,9	2,1	-2,9	53,2	-2,9	0,0
02/11/2012	0,0	0,7	2,7	-3,4	49,8	-3,4	0,0
03/11/2012	0,0	0,6	2,8	-3,3	46,5	-3,3	0,0
04/11/2012	0,0	0,5	2,5	-3,0	43,5	-3,0	0,0
05/11/2012	0,0	0,4	2,6	-3,0	40,4	-3,0	0,0
06/11/2012	0,0	0,4	2,5	-2,8	37,6	-2,8	0,0
07/11/2012	0,0	0,3	2,8	-3,1	34,5	-3,1	0,0
08/11/2012	0,0	0,3	2,7	-3,0	31,5	-3,0	0,0

Continuação anexo 3. Balanço hídrico diário na bacia de campo com pastagem, Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS.

09/11/2012	0,0	0,3	2,8	-3,0	28,4	-3,0	0,0
10/11/2012	5,4	0,3	1,6	3,5	31,9	3,5	0,0
11/11/2012	0,0	0,3	1,6	-1,9	30,0	-1,9	0,0
12/11/2012	0,0	0,2	1,9	-2,1	27,9	-2,1	0,0
13/11/2012	0,0	0,2	1,9	-2,1	25,8	-2,1	0,0
14/11/2012	0,0	0,2	2,2	-2,4	23,4	-2,4	0,0
15/11/2012	0,0	0,2	2,7	-2,9	20,5	-2,9	0,0
16/11/2012	0,0	0,1	3,1	-3,2	17,3	-3,2	0,0
17/11/2012	0,0	0,1	3,2	-3,3	0,0	-3,3	0,0
18/11/2012	17,9	0,2	3,0	14,7	28,7	14,7	0,0
19/11/2012	17,0	1,4	1,9	13,7	42,4	13,7	0,0
20/11/2012	0,0	0,3	2,3	-2,7	39,8	-2,7	0,0
21/11/2012	0,0	0,2	3,3	-3,5	36,3	-3,5	0,0
22/11/2012	22,1	0,5	3,0	18,6	54,8	18,6	0,0
23/11/2012	0,0	1,0	1,2	-2,2	52,6	-2,2	0,0
24/11/2012	0,0	0,2	2,6	-2,9	49,8	-2,9	0,0
25/11/2012	0,0	0,2	2,8	-3,0	46,8	-3,0	0,0
26/11/2012	0,0	0,1	3,0	-3,1	43,7	-3,1	0,0
27/11/2012	0,0	0,1	2,8	-2,9	40,7	-2,9	0,0
28/11/2012	0,0	0,1	2,6	-2,7	38,0	-2,7	0,0
29/11/2012	0,0	0,1	2,2	-2,3	35,6	-2,3	0,0
30/11/2012	0,0	0,1	3,0	-3,1	32,6	-3,1	0,0
01/12/2012	0,0	0,1	2,1	-2,2	30,4	-2,2	0,0
02/12/2012	0,0	0,1	2,9	-2,9	27,4	-2,9	0,0
03/12/2012	0,0	0,1	3,2	-3,3	24,1	-3,3	0,0
04/12/2012	27,3	1,4	1,2	24,6	48,8	24,6	0,0
05/12/2012	0,8	0,3	2,4	-1,9	46,9	-1,9	0,0
06/12/2012	0,0	0,1	1,9	-2,1	44,8	-2,1	0,0
07/12/2012	6,4	0,2	0,9	5,3	50,1	5,3	0,0
08/12/2012	0,0	0,2	2,8	-3,0	47,1	-3,0	0,0
09/12/2012	0,0	0,1	2,8	-2,9	44,3	-2,9	0,0
10/12/2012	13,0	0,1	3,1	9,8	54,1	9,8	0,0
11/12/2012	3,5	0,8	2,7	0,1	54,2	0,1	0,0
12/12/2012	34,5	1,4	0,5	32,5	64,2	10,0	22,5
13/12/2012	15,9	4,5	1,9	9,6	64,2	0,0	9,6
14/12/2012	0,0	0,6	3,1	-3,7	60,5	-3,7	0,0
15/12/2012	0,0	0,3	2,7	-3,0	57,5	-3,0	0,0
16/12/2012	5,0	0,6	2,8	1,7	59,1	1,7	0,0
17/12/2012	0,4	0,7	2,2	-2,5	56,6	-2,5	0,0
18/12/2012	5,0	0,3	2,5	2,2	58,9	2,2	0,0
19/12/2012	2,3	0,3	1,7	0,3	59,1	0,3	0,0
20/12/2012	7,0	0,4	1,1	5,5	64,2	5,1	0,5
21/12/2012	46,4	4,9	1,2	40,3	64,2	0,0	40,3

Continuação anexo 3. Balanço hídrico diário na bacia de campo com pastagem, Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS.

22/12/2012	0,0	1,0	3,0	-4,0	60,2	-4,0	0,0
23/12/2012	0,0	0,5	2,7	-3,2	57,0	-3,2	0,0
24/12/2012	0,0	0,4	2,7	-3,1	54,0	-3,1	0,0
25/12/2012	3,1	0,3	3,0	-0,2	53,8	-0,2	0,0
26/12/2012	49,3	9,5	0,8	39,0	64,2	10,4	28,5
27/12/2012	10,5	2,9	0,9	6,8	64,2	0,0	6,8
28/12/2012	0,0	2,0	2,1	-4,1	60,1	-4,1	0,0
29/12/2012	0,0	1,2	2,3	-3,5	56,7	-3,5	0,0
30/12/2012	0,0	0,9	2,3	-3,2	53,4	-3,2	0,0
31/12/2012	20,9	1,5	2,3	17,0	64,2	10,8	6,2
01/01/2013	5,8	2,8	2,2	0,8	64,2	0,0	0,8
02/01/2013	0,0	0,9	2,7	-3,6	60,6	-3,6	0,0
03/01/2013	0,0	0,7	2,8	-3,5	57,1	-3,5	0,0
04/01/2013	0,0	0,5	2,7	-3,3	53,8	-3,3	0,0
05/01/2013	20,7	2,3	0,7	17,8	64,2	10,4	7,3
06/01/2013	0,0	1,0	1,2	-2,2	62,0	-2,2	0,0
07/01/2013	34,0	4,1	0,5	29,4	64,2	2,2	27,3
08/01/2013	6,7	3,2	1,7	1,8	64,2	0,0	1,8
09/01/2013	0,0	1,4	2,5	-3,8	60,4	-3,8	0,0
10/01/2013	0,0	1,0	3,0	-4,0	56,3	-4,0	0,0
11/01/2013	0,0	0,8	3,0	-3,7	52,6	-3,7	0,0
12/01/2013	0,0	0,6	3,0	-3,6	49,0	-3,6	0,0
13/01/2013	0,0	0,5	2,8	-3,4	45,6	-3,4	0,0
14/01/2013	0,0	0,5	2,5	-2,9	42,7	-2,9	0,0
15/01/2013	0,0	0,4	2,7	-3,1	39,6	-3,1	0,0
16/01/2013	0,0	0,4	2,7	-3,1	36,5	-3,1	0,0
17/01/2013	0,0	0,3	2,1	-2,5	34,1	-2,5	0,0
18/01/2013	0,0	0,3	2,1	-2,4	31,6	-2,4	0,0
19/01/2013	0,9	0,3	2,4	-1,8	29,8	-1,8	0,0
20/01/2013	0,0	0,2	2,6	-2,8	27,0	-2,8	0,0
21/01/2013	0,0	0,2	3,0	-3,2	23,8	-3,2	0,0
22/01/2013	0,0	0,2	3,0	-3,1	20,7	-3,1	0,0
23/01/2013	0,0	0,2	2,3	-2,5	18,2	-2,5	0,0
24/01/2013	6,7	0,2	1,6	4,9	23,1	4,9	0,0
25/01/2013	0,0	0,2	2,2	-2,4	20,7	-2,4	0,0
26/01/2013	0,0	0,1	2,6	-2,7	18,0	-2,7	0,0
27/01/2013	0,0	0,1	2,8	-2,9	15,1	-2,9	0,0
28/01/2013	0,0	0,1	3,1	-3,2	11,9	-3,2	0,0
29/01/2013	0,0	0,1	2,8	-2,8	9,0	-2,8	0,0
30/01/2013	0,0	0,1	2,7	-2,8	6,3	-2,8	0,0
31/01/2013	0,0	0,1	2,5	-2,5	3,7	-2,5	0,0
01/02/2013	0,0	0,1	2,7	-2,8	1,0	-2,8	0,0
02/02/2013	15,2	0,3	1,4	13,5	14,5	13,5	0,0

Continuação anexo 3. Balanço hídrico diário na bacia de campo com pastagem, Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS.

03/02/2013	8,0	0,4	1,9	5,7	20,1	5,7	0,0
04/02/2013	0,0	0,2	2,6	-2,7	17,4	-2,7	0,0
05/02/2013	0,0	0,1	2,8	-2,9	14,5	-2,9	0,0
06/02/2013	0,0	0,1	2,5	-2,6	11,9	-2,6	0,0
07/02/2013	0,0	0,1	2,9	-3,0	8,9	-3,0	0,0
08/02/2013	0,0	0,1	2,7	-2,8	6,2	-2,8	0,0
09/02/2013	8,0	0,1	2,3	5,5	11,7	5,5	0,0
10/02/2013	25,7	1,8	1,8	22,2	33,9	22,2	0,0
11/02/2013	0,7	0,6	1,7	-1,6	32,3	-1,6	0,0
12/02/2013	0,0	0,2	1,9	-2,1	30,2	-2,1	0,0
13/02/2013	0,0	0,1	1,9	-2,0	28,2	-2,0	0,0
14/02/2013	0,0	0,1	1,6	-1,7	26,5	-1,7	0,0
15/02/2013	0,0	0,1	1,5	-1,6	24,9	-1,6	0,0
16/02/2013	0,0	0,1	2,3	-2,4	22,5	-2,4	0,0
17/02/2013	18,1	0,4	0,9	16,8	39,2	16,8	0,0
18/02/2013	10,4	0,5	1,4	8,4	47,6	8,4	0,0
19/02/2013	0,0	0,4	1,3	-1,7	45,9	-1,7	0,0
20/02/2013	10,0	0,6	0,7	8,7	54,6	8,7	0,0
21/02/2013	1,5	0,4	1,5	-0,5	54,1	-0,5	0,0
22/02/2013	0,0	0,2	2,3	-2,5	51,7	-2,5	0,0
23/02/2013	0,0	0,1	2,6	-2,8	48,9	-2,8	0,0
24/02/2013	7,7	0,8	1,8	5,2	54,1	5,2	0,0
25/02/2013	0,0	0,6	1,5	-2,1	52,0	-2,1	0,0
26/02/2013	0,0	0,2	2,3	-2,5	49,5	-2,5	0,0
27/02/2013	0,0	0,1	2,3	-2,5	47,0	-2,5	0,0
28/02/2013	0,0	0,1	2,5	-2,6	44,4	-2,6	0,0
01/03/2013	0,0	0,2	2,6	-2,7	41,7	-2,7	0,0
02/03/2013	0,0	0,2	1,0	-1,2	40,5	-1,2	0,0
03/03/2013	13,2	0,1	0,6	12,6	53,1	12,6	0,0
04/03/2013	0,0	0,0	2,0	-2,0	51,1	-2,0	0,0
05/03/2013	0,0	0,1	1,9	-2,0	49,1	-2,0	0,0
06/03/2013	0,0	0,1	2,1	-2,2	46,9	-2,2	0,0
07/03/2013	0,0	0,2	2,1	-2,3	44,5	-2,3	0,0
08/03/2013	7,7	0,1	0,5	7,1	51,7	7,1	0,0
09/03/2013	0,0	0,1	0,7	-0,8	50,8	-0,8	0,0
10/03/2013	13,8	0,1	1,4	12,3	63,2	12,3	0,0
11/03/2013	2,1	0,1	1,1	1,0	64,2	1,0	0,0
12/03/2013	14,3	0,1	0,7	13,5	64,2	0,0	13,5
13/03/2013	0,0	0,1	2,0	-2,1	62,1	-2,1	0,0
14/03/2013	0,0	0,3	1,9	-2,2	60,0	-2,2	0,0
15/03/2013	0,0	0,3	1,8	-2,1	57,8	-2,1	0,0
16/03/2013	0,0	0,3	1,7	-2,0	55,8	-2,0	0,0
17/03/2013	0,0	0,4	2,1	-2,5	53,3	-2,5	0,0

Continuação anexo 3. Balanço hídrico diário na bacia de campo com pastagem, Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS.

18/03/2013	0,0	0,4	1,3	-1,7	51,6	-1,7	0,0
19/03/2013	7,7	0,3	1,8	5,6	57,2	5,6	0,0
20/03/2013	16,4	0,1	1,0	15,4	64,2	7,0	8,4
21/03/2013	1,8	0,1	1,1	0,5	64,2	0,0	0,5
22/03/2013	0,0	0,2	1,7	-1,9	62,3	-1,9	0,0
23/03/2013	0,0	0,3	2,1	-2,3	60,0	-2,3	0,0
24/03/2013	0,0	0,3	2,6	-2,9	57,0	-2,9	0,0
25/03/2013	0,0	0,3	1,8	-2,2	54,9	-2,2	0,0
26/03/2013	0,0	0,4	1,8	-2,1	52,7	-2,1	0,0
27/03/2013	0,0	0,4	1,4	-1,8	50,9	-1,8	0,0
28/03/2013	0,0	0,4	1,4	-1,7	49,1	-1,7	0,0
29/03/2013	0,0	0,4	2,2	-2,6	46,5	-2,6	0,0
30/03/2013	0,0	0,4	1,8	-2,2	44,3	-2,2	0,0
31/03/2013	0,0	0,4	1,2	-1,7	42,7	-1,7	0,0
01/04/2013	1,0	0,4	0,9	-0,3	42,4	-0,3	0,0
02/04/2013	0,0	0,3	2,0	-2,3	40,1	-2,3	0,0
03/04/2013	0,0	0,1	1,9	-2,0	38,2	-2,0	0,0
04/04/2013	17,1	0,0	0,7	16,3	54,5	16,3	0,0
05/04/2013	0,0	0,0	2,1	-2,1	52,4	-2,1	0,0
06/04/2013	0,0	0,0	2,0	-2,0	50,4	-2,0	0,0
07/04/2013	0,0	0,1	1,7	-1,7	48,7	-1,7	0,0
08/04/2013	0,0	0,1	1,8	-1,9	46,8	-1,9	0,0
09/04/2013	0,0	0,1	1,7	-1,8	45,0	-1,8	0,0
10/04/2013	0,0	0,1	2,6	-2,7	42,4	-2,7	0,0
11/04/2013	94,9	10,1	1,3	83,5	64,2	21,8	61,6
12/04/2013	13,9	6,7	1,3	6,0	64,2	0,0	6,0
13/04/2013	0,0	1,5	1,6	-3,1	61,1	-3,1	0,0
14/04/2013	0,0	1,0	2,0	-3,1	58,0	-3,1	0,0
15/04/2013	0,0	0,8	1,9	-2,7	55,4	-2,7	0,0
16/04/2013	0,0	0,6	1,3	-1,9	53,4	-1,9	0,0
17/04/2013	0,0	0,6	2,2	-2,8	50,7	-2,8	0,0
18/04/2013	0,0	0,5	1,8	-2,3	48,4	-2,3	0,0
19/04/2013	0,0	0,4	1,6	-2,1	46,3	-2,1	0,0
20/04/2013	0,0	0,4	1,6	-2,0	44,3	-2,0	0,0
21/04/2013	0,0	0,3	1,7	-2,0	42,3	-2,0	0,0
22/04/2013	0,0	0,3	1,6	-1,9	40,4	-1,9	0,0
23/04/2013	0,0	0,3	1,5	-1,8	38,6	-1,8	0,0
24/04/2013	0,0	0,3	1,4	-1,7	36,9	-1,7	0,0
25/04/2013	0,0	0,2	2,1	-2,4	34,6	-2,4	0,0
26/04/2013	0,0	0,2	1,8	-2,0	32,5	-2,0	0,0
27/04/2013	0,0	0,2	2,4	-2,6	29,9	-2,6	0,0
28/04/2013	3,6	0,2	1,2	2,3	32,2	2,3	0,0
29/04/2013	68,0	11,9	0,5	55,5	64,2	32,0	23,5

Continuação anexo 3. Balanço hídrico diário na bacia de campo com pastagem, Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS.

30/04/2013	0,0	1,8	1,3	-3,1	61,1	-3,1	0,0
01/05/2013	0,0	1,3	1,0	-2,3	58,8	-2,3	0,0
02/05/2013	3,2	1,2	2,2	-0,1	58,6	-0,1	0,0
03/05/2013	33,9	10,8	0,3	22,8	64,2	5,6	17,2
04/05/2013	19,2	3,7	1,5	14,1	64,2	0,0	14,1
05/05/2013	0,0	2,2	1,0	-3,2	61,0	-3,2	0,0
06/05/2013	0,0	1,6	1,7	-3,3	57,7	-3,3	0,0
07/05/2013	0,0	1,3	1,2	-2,6	55,2	-2,6	0,0
08/05/2013	0,0	1,1	1,3	-2,4	52,8	-2,4	0,0
09/05/2013	0,0	1,0	2,3	-3,3	49,5	-3,3	0,0
10/05/2013	0,0	0,9	1,7	-2,5	47,0	-2,5	0,0
11/05/2013	0,0	0,8	0,8	-1,5	45,4	-1,5	0,0
12/05/2013	3,2	1,6	0,9	0,7	46,1	0,7	0,0
13/05/2013	0,8	0,9	0,9	-1,0	45,1	-1,0	0,0
14/05/2013	0,0	0,9	0,5	-1,4	43,7	-1,4	0,0
15/05/2013	0,4	1,4	0,8	-1,8	41,9	-1,8	0,0
16/05/2013	1,2	1,0	1,7	-1,5	40,4	-1,5	0,0
17/05/2013	0,4	0,7	1,3	-1,6	38,7	-1,6	0,0
18/05/2013	0,0	0,7	0,5	-1,2	37,6	-1,2	0,0
19/05/2013	0,4	5,1	0,0	-4,7	32,9	-4,7	0,0
20/05/2013	1,6	4,4	0,2	-2,9	30,0	-2,9	0,0
21/05/2013	7,3	2,1	0,5	4,7	34,7	4,7	0,0
22/05/2013	14,1	1,6	0,6	12,0	46,7	12,0	0,0
23/05/2013	27,5	1,4	0,7	25,4	64,2	17,5	7,9
24/05/2013	16,2	1,2	0,5	14,4	64,2	0,0	14,4
25/05/2013	0,0	1,1	0,9	-2,0	62,2	-2,0	0,0
26/05/2013	0,0	1,0	0,7	-1,8	60,5	-1,8	0,0
27/05/2013	0,0	1,0	0,8	-1,8	58,7	-1,8	0,0
28/05/2013	0,0	2,2	0,4	-2,6	56,0	-2,6	0,0
29/05/2013	38,4	5,0	1,0	32,3	64,2	8,2	24,2
30/05/2013	0,4	1,9	1,2	-2,7	61,5	-2,7	0,0
31/05/2013	0,0	1,4	0,5	-2,0	59,6	-2,0	0,0
01/06/2013	15,7	7,3	0,4	7,9	64,2	4,6	3,3
02/06/2013	0,4	2,6	0,8	-2,9	61,3	-2,9	0,0
03/06/2013	0,0	1,8	0,9	-2,8	58,5	-2,8	0,0
04/06/2013	0,0	1,5	1,0	-2,5	56,0	-2,5	0,0
05/06/2013	0,0	1,4	0,9	-2,3	53,7	-2,3	0,0
06/06/2013	0,0	1,2	0,7	-1,9	51,8	-1,9	0,0
07/06/2013	0,0	1,1	1,0	-2,1	49,7	-2,1	0,0
08/06/2013	0,0	1,0	0,9	-1,9	47,8	-1,9	0,0
09/06/2013	0,0	0,9	0,6	-1,5	46,3	-1,5	0,0
10/06/2013	0,0	0,8	0,5	-1,4	44,9	-1,4	0,0
11/06/2013	0,0	0,8	0,6	-1,4	43,5	-1,4	0,0

Continuação anexo 3. Balanço hídrico diário na bacia de campo com pastagem, Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS.

12/06/2013	0,4	0,8	0,8	-1,2	42,3	-1,2	0,0
13/06/2013	0,4	0,7	0,7	-1,0	41,3	-1,0	0,0
14/06/2013	0,0	0,7	1,0	-1,7	39,6	-1,7	0,0
15/06/2013	0,0	0,6	1,1	-1,8	37,8	-1,8	0,0
16/06/2013	0,0	0,6	0,4	-1,0	36,9	-1,0	0,0
17/06/2013	0,0	0,7	0,3	-1,0	35,9	-1,0	0,0
18/06/2013	0,0	0,6	0,5	-1,1	34,8	-1,1	0,0
19/06/2013	0,4	0,6	0,5	-0,7	34,1	-0,7	0,0
20/06/2013	0,0	0,5	1,0	-1,5	32,6	-1,5	0,0
21/06/2013	24,2	6,2	0,3	17,8	50,4	17,8	0,0
22/06/2013	47,0	9,0	1,0	37,0	64,2	13,8	23,2
23/06/2013	5,8	16,2	0,8	-11,1	53,1	-11,1	0,0
24/06/2013	0,0	16,2	0,5	-16,7	36,4	-16,7	0,0
25/06/2013	9,0	13,2	0,2	-4,5	31,9	-4,5	0,0
26/06/2013	0,4	1,3	1,0	-1,9	30,0	-1,9	0,0
27/06/2013	0,0	1,1	0,9	-2,0	28,0	-2,0	0,0
28/06/2013	13,6	2,5	0,7	10,3	38,4	10,3	0,0
29/06/2013	15,9	7,1	0,7	8,1	46,4	8,1	0,0
30/06/2013	0,0	5,0	0,9	-5,9	40,5	-5,9	0,0
01/07/2013	0,0	5,0	1,0	-6,0	34,5	-6,0	0,0
02/07/2013	0,0	5,0	0,9	-5,9	28,6	-5,9	0,0
03/07/2013	0,0	5,0	1,0	-6,0	22,7	-6,0	0,0
04/07/2013	35,6	28,0	0,6	7,0	29,7	7,0	0,0
05/07/2013	4,7	10,3	0,3	-5,9	23,8	-5,9	0,0
06/07/2013	14,8	1,0	0,6	13,1	36,9	13,1	0,0
07/07/2013	8,0	1,0	1,0	5,9	42,9	5,9	0,0
08/07/2013	0,9	0,6	1,2	-0,8	42,0	-0,8	0,0
09/07/2013	0,0	0,4	0,7	-1,2	40,8	-1,2	0,0
10/07/2013	0,0	0,4	0,8	-1,3	39,6	-1,3	0,0
11/07/2013	0,0	0,4	0,7	-1,1	38,4	-1,1	0,0
12/07/2013	20,6	1,2	0,3	19,1	57,6	19,1	0,0
13/07/2013	0,9	0,6	1,6	-1,2	56,4	-1,2	0,0
14/07/2013	2,3	0,7	1,4	0,2	56,6	0,2	0,0
15/07/2013	0,0	0,4	1,1	-1,5	55,0	-1,5	0,0
16/07/2013	0,0	1,0	1,1	-2,1	52,9	-2,1	0,0
17/07/2013	0,0	1,0	0,9	-1,9	51,0	-1,9	0,0
18/07/2013	8,2	1,5	0,2	6,4	57,5	6,4	0,0
19/07/2013	0,0	1,0	1,4	-2,4	55,0	-2,4	0,0
20/07/2013	8,7	1,1	0,4	7,2	62,3	7,2	0,0
21/07/2013	0,5	1,1	0,8	-1,4	60,9	-1,4	0,0
22/07/2013	0,0	1,1	0,8	-1,9	59,0	-1,9	0,0
23/07/2013	0,9	1,0	0,6	-0,7	58,3	-0,7	0,0
24/07/2013	0,0	1,0	0,8	-1,8	56,6	-1,8	0,0

Continuação anexo 3. Balanço hídrico diário na bacia de campo com pastagem, Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS.

25/07/2013	0,0	0,9	0,9	-1,8	54,8	-1,8	0,0
26/07/2013	0,0	0,8	1,0	-1,9	52,9	-1,9	0,0
27/07/2013	0,0	0,8	0,8	-1,6	51,4	-1,6	0,0
28/07/2013	0,0	0,8	0,8	-1,6	49,8	-1,6	0,0
29/07/2013	0,0	0,8	1,0	-1,7	48,0	-1,7	0,0
30/07/2013	0,0	0,7	0,9	-1,7	46,4	-1,7	0,0
31/07/2013	0,0	0,7	1,0	-1,7	44,7	-1,7	0,0
01/08/2013	0,0	0,7	0,8	-1,4	43,3	-1,4	0,0
02/08/2013	25,2	3,7	0,4	21,1	64,2	20,9	0,1
03/08/2013	2,2	1,6	0,5	0,1	64,2	0,0	0,1
04/08/2013	0,0	1,2	1,0	-2,2	62,0	-2,2	0,0
05/08/2013	0,0	1,0	1,1	-2,1	59,9	-2,1	0,0
06/08/2013	0,0	0,8	1,1	-2,0	57,9	-2,0	0,0
07/08/2013	0,4	0,8	0,7	-1,2	56,8	-1,2	0,0
08/08/2013	11,8	1,6	0,4	9,7	64,2	7,4	2,3
09/08/2013	0,0	1,5	0,5	-1,9	62,3	-1,9	0,0
10/08/2013	1,8	1,0	0,5	0,3	62,6	0,3	0,0
11/08/2013	0,4	1,0	0,9	-1,5	61,1	-1,5	0,0
12/08/2013	0,0	0,8	0,9	-1,8	59,3	-1,8	0,0
13/08/2013	0,0	0,8	0,2	-1,0	58,3	-1,0	0,0
14/08/2013	0,0	0,7	1,0	-1,7	56,6	-1,7	0,0
15/08/2013	0,0	0,7	1,0	-1,7	54,8	-1,7	0,0
16/08/2013	0,0	0,7	1,1	-1,7	53,1	-1,7	0,0
17/08/2013	0,0	0,6	1,2	-1,8	51,3	-1,8	0,0
18/08/2013	0,0	0,6	1,4	-2,0	49,3	-2,0	0,0
19/08/2013	0,0	0,5	1,5	-2,0	47,3	-2,0	0,0
20/08/2013	0,0	0,5	1,4	-1,9	45,4	-1,9	0,0
21/08/2013	2,0	0,6	1,1	0,3	45,7	0,3	0,0
22/08/2013	20,8	2,5	0,4	18,0	63,7	18,0	0,0
23/08/2013	0,0	1,3	0,8	-2,1	61,6	-2,1	0,0
24/08/2013	14,7	1,7	0,5	12,5	64,2	2,6	9,9
25/08/2013	2,5	1,4	0,9	0,3	64,2	0,0	0,3
26/08/2013	0,0	0,9	0,6	-1,6	62,6	-1,6	0,0
27/08/2013	0,7	0,9	1,3	-1,4	61,2	-1,4	0,0
28/08/2013	0,0	0,8	1,2	-2,0	59,2	-2,0	0,0
29/08/2013	0,0	0,7	1,2	-2,0	57,2	-2,0	0,0
30/08/2013	0,0	0,7	1,3	-2,0	55,2	-2,0	0,0
31/08/2013	0,0	0,6	1,2	-1,8	53,4	-1,8	0,0
01/09/2013	0,0	0,6	1,7	-2,3	51,1	-2,3	0,0
02/09/2013	0,0	0,6	1,1	-1,6	49,5	-1,6	0,0
03/09/2013	0,0	0,5	1,3	-1,8	47,6	-1,8	0,0
04/09/2013	0,0	0,4	1,7	-2,2	45,4	-2,2	0,0
05/09/2013	0,0	0,4	2,0	-2,5	43,0	-2,5	0,0

Continuação anexo 3. Balanço hídrico diário na bacia de campo com pastagem, Fazenda Alvorada. São Gabriel-RS.

06/09/2013	0,0	0,4	1,3	-1,8	41,2	-1,8	0,0
07/09/2013	0,0	0,4	1,4	-1,9	39,4	-1,9	0,0
08/09/2013	6,2	1,1	1,4	3,7	43,1	3,7	0,0
09/09/2013	0,0	0,5	1,7	-2,2	40,9	-2,2	0,0
10/09/2013	0,0	0,4	2,1	-2,5	38,4	-2,5	0,0
11/09/2013	0,0	0,3	2,3	-2,6	35,8	-2,6	0,0
12/09/2013	0,0	0,3	2,5	-2,7	33,1	-2,7	0,0
13/09/2013	0,0	0,2	1,8	-2,0	31,1	-2,0	0,0
14/09/2013	1,2	0,3	0,9	0,0	31,1	0,0	0,0
15/09/2013	32,4	4,0	0,9	27,5	58,6	27,5	0,0
16/09/2013	1,4	1,5	1,2	-1,3	57,3	-1,3	0,0
17/09/2013	0,6	0,9	1,0	-1,4	55,9	-1,4	0,0
18/09/2013	0,0	0,7	2,3	-3,0	52,9	-3,0	0,0
19/09/2013	0,0	0,5	2,4	-2,9	50,0	-2,9	0,0
20/09/2013	0,0	0,5	1,1	-1,6	48,4	-1,6	0,0
21/09/2013	0,0	0,5	1,1	-1,6	46,8	-1,6	0,0
22/09/2013	9,2	0,6	0,5	8,1	54,9	8,1	0,0
23/09/2013	7,0	1,7	1,1	4,1	59,0	4,1	0,0
24/09/2013	2,6	1,4	0,7	0,5	59,5	0,5	0,0
25/09/2013	0,0	0,8	2,3	-3,1	56,4	-3,1	0,0
26/09/2013	0,0	0,6	2,3	-2,8	53,6	-2,8	0,0
27/09/2013	0,0	0,5	2,0	-2,5	51,1	-2,5	0,0
28/09/2013	0,6	0,5	0,8	-0,7	50,5	-0,7	0,0
29/09/2013	0,0	0,5	0,2	-0,7	49,8	-0,7	0,0
30/09/2013	2,2	0,6	0,5	1,1	50,9	1,1	0,0
TOTAL	1577	543	567			- 13	481