



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais



Nelson Otávio da Motta Vieira

**EROSÃO HÍDRICA E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES
SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E DE CULTIVOS**

Campo Grande – MS
Dezembro/2020

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia
Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais

Nelson Otávio da Motta Vieira

EROSÃO HÍDRICA E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E DE CULTIVOS

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, área de concentração: *Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos*.

Orientador: Prof. Dr. Teodorico Alves Sobrinho

Aprovada em: 03/12/2020

Banca Examinadora

Prof. Dr. Teodorico Alves Sobrinho
Presidente

Dr. Alexandre Romeiro de Araújo
Embrapa - CNPQC

Prof. Dr. Jhonatan Barbosa da Silva
UFMT

Prof. Dr. Jamil Alexandre Ayach Anache
UFMS

Prof. Dr. Paulo Tarso Sanches de Oliveira
UFMS

Campo Grande, MS
Dezembro/2020

RESUMO

O crescimento populacional impulsiona o aumento do consumo e conseqüentemente da demanda por produção agrícola. Porém, o setor agropecuário tem sido considerado vilão no que diz respeito ao consumo de água. Quando questionam o consumo de água na criação de gado, em geral, não são mencionados fatores tais como o potencial de infiltração e evapotranspiração. Para responder este questionamento serão necessários estudos relativos a tais fatores. A proposta deste trabalho é avaliar se há a influência de sistema de cultivo e de manejo de solo na infiltração de água no solo. Tomamos por hipótese que a cobertura vegetal na superfície, em associação com sistemas de pastejo e de cultivo, de produção integrada de rotação lavoura, pecuária e floresta, altera as perdas de solo e água e a taxa de infiltração de água no solo. Avaliamos potenciais de correlações entre atributos do solo e das taxas de infiltração e o desempenho de modelos de taxas de infiltração. Analisando os modelos de Kostiakov-Lewis, Horton e Philip, observamos que o de Philip apresenta melhor desempenho, seguido pelo Horton e por último o Kostiakov-Lewis para estimativa da taxa de infiltração. Porém, o modelo Kostiakov-Lewis é vantajoso por ser semiempírico e mais simples que o de Horton. Propomos um modelo inovador, de conversão em taxas de infiltração com cobertura vegetal em taxas de infiltração sem cobertura e vice versa. O modelo proposto tomou como base o modelo Kostiakov-Lewis, apresentando desempenho semelhante a outros modelos de conversão, sendo eficaz em qualquer sistema de plantio e cobertura vegetal.

Palavras-chave: Perda de solo, perda de água, modelo de taxa de infiltração.

ABSTRACT

Population growth drives increased consumption and, consequently, demand for agricultural production. However, the agricultural sector has been considered a villain with regard to water consumption. When questioning water consumption in livestock, in general, factors such as the potential for infiltration and evapotranspiration are not mentioned. To answer this question, studies related to such factors will be necessary. The purpose of this work is to evaluate if there is an influence of the cultivation and soil management system on the infiltration of water in the soil. We assume that the vegetation cover on the surface, in association with grazing and cultivation systems, integrated crop rotation, livestock and forest production, alters soil and water losses and the rate of water infiltration into the soil. We evaluated potential correlations between soil attributes and infiltration rates and the performance of infiltration rate models. Analyzing the Kostiakov-Lewis, Horton and Philip models, we see that Philip's presents better performance, followed by Horton and finally Kostiakov-Lewis to estimate the infiltration rate. However, the Kostiakov-Lewis model is advantageous because it is semi-empirical and simpler than Horton's. We propose an innovative model, of conversion into infiltration rates with vegetation cover into infiltration rates without cover and vice versa. The proposed model was based on the Kostiakov-Lewis model, showing performance similar to other conversion models, being effective in any planting and vegetation cover system.

Keywords: Soil loss, water loss, infiltration rate model.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	7
1.1	Objetivo Geral	8
1.2	Objetivos Específicos	8
1.3	Organização da Tese	9
2	PERDA DE ÁGUA E SOLO, INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLO E DESEMPENHO DE MODELOS PARA ESTIMATIVA DE INFILTRAÇÃO	10
2.1	Materiais e Métodos	10
2.1.1	Local do Estudo	10
2.1.2	Sistema de Pastejo Rotacionado com Taxa de Lotação Variável	11
2.1.3	Diferentes Sistemas de Uso e Manejo do Solo	12
2.1.4	Vegetação Natural – Cerrado	14
2.1.5	Simulador de Chuva Portátil	16
2.1.6	Teste de Infiltração	17
2.1.7	Determinação da Taxa de Infiltração, Perda de Solo e Perda de Água	17
2.1.8	Modelos de Infiltração	18
2.1.9	Determinação da Densidade do Solo, Teor de Argila, Resistência do Solo à Penetração e Teor de Carbono	18
2.1.10	Análise dos Dados.	20
2.2	Resultados e Discussão	21
2.2.1	Perda de Solo	22
2.2.2	Perda de Água	31
2.2.3	Correlações entre Características Físicas, Perda de Solo e Perda de Água	34
2.2.4	Análise dos Resultados de Perda de Solo e Água por Sistema	35
2.2.5	Infiltração de Água em Solo	37
2.2.6	Análise dos Resultados de Infiltração de Água por Sistema	43
2.2.7	Correlações entre Testes Com e Sem Cobertura Vegetal	45
2.2.8	Modelos de Taxa de Infiltração de Água em Solo	46
2.3	Conclusão	54
2.3.1	Perda de Solo e Água	54

2.3.2	Infiltração de Água em Solo	54
2.3.3	Modelos de Taxa de Infiltração de Água.....	55
3	MODELO DE CONVERSÃO DE TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLO COM E SEM COBERTURA VEGETAL	55
3.1	Materiais e Métodos	57
3.2	Procedimento dos Testes de Campo.....	58
3.3	Modelo Kostiakov-Lewis.....	59
3.4	Índices Estatísticos.....	60
3.5	Resultados	61
3.6	Discussão	66
3.7	Conclusão	69
4	REFERÊNCIAS.....	70
	ANEXO	73

1 INTRODUÇÃO GERAL

O setor agropecuário está cada dia mais em evidência, devido ao crescimento populacional e o aumento do consumo dos mais diversos produtos. Segundo dados da FAO (2016), em 2050 a população mundial estabilizará em 9,3 bilhões de habitantes, sendo necessário aumentar em 70% a produção de cereais atual. Por outro lado, o setor agropecuário tem sido considerado vilão no que diz respeito ao consumo de água. Porém, quando questionam o consumo de água na criação de gado, em geral não são mencionados fatores tais como o potencial de infiltração e evapotranspiração. Por este motivo, o estudo da infiltração de água no solo tem se tornado o caminho para tentar responder parte dos questionamentos da sociedade em relação ao consumo de água em áreas de atividade pecuária.

Como primeiro passo para o estudo, consideramos a premissa de que as atividades antrópicas sempre causam mudanças nas propriedades naturais do solo, a magnitude destas mudanças é influenciada pelas características edafoclimáticas e de manejo do solo. Neste contexto, solos sob atividade de pecuária e de cultivo de lavoura certamente terão suas características modificadas quando comparados à situação natural. Baseado nisto, consideramos que as propriedades físicas do solo podem ser indicadores de sua qualidade e das mudanças ocasionadas pelo uso deste recurso natural, podendo, por meio delas, inferir quanto à sustentabilidade dos sistemas de manejo.

Diversos estudos têm sido realizados visando estimar as perdas de solo e água e avaliar modelos de infiltração em diferentes condições de uso e manejo de solo (Gomez *et al.* (2009); Tomasini *et al.* 2010; Alvarez e Steinbach (2009); Williams e Wuest (2011); Jirku *et al.* (2013); Santos *et al.* (2014); Panachuki *et al.* (2006, 2011, 2015); Almeida *et al.* (2017); Santos *et al.* (2014); Valim *et al.* (2016); Viana *et al.* 2015 e Almeida *et al.* (2017 e 2020).

Apesar das diversas pesquisas na área, não há ainda um modelo que quantifique a permeabilidade do solo, levando em conta a influência da cultura e do manejo. Além disto, abordagens considerando os aspectos da carga animal em sistema de pastejo rotacionado e de produção agrossilvopastoris não têm sido realizadas.

A relevância que justifica este trabalho consiste nas avaliações de perda de solo, de água, de infiltração e desempenhos de modelos de infiltração em duas áreas: uma com Pastejo Rotacionado com taxa de lotação variável sob diferentes doses de nitrogênio e outra área com 25 anos contínuos sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo. O estudo dessas variáveis pode

ajudar a garantir a sustentabilidade econômica das atividades agrícolas através da manutenção da qualidade do solo. O impacto deste estudo, relativo ao avanço teórico do conhecimento científico, consistiu na obtenção de explicações sobre os mecanismos envolvidos no processo de perda de solo e água e na variação da taxa de infiltração, além da proposição de modelo empírico que ajude no planejamento conservacionista para uso do solo e da água.

Tomamos como hipótese que a cobertura vegetal na superfície, em associação com sistemas de pastejo e de cultivo, de produção integrada de rotação lavoura, pecuária e floresta, altera a perda de solo e de água e a taxa de infiltração de água no solo. Foram realizados testes de campo para caracterizar as perdas de solo, de água e a infiltração de água. Avaliamos o desempenho de modelos para ajustar os dados observados de infiltração nos diferentes sistemas de pastejo e manejo do solo. Propusemos um modelo inovador de conversão de taxas de infiltração em sistemas com cobertura vegetal em taxas de infiltração sem cobertura vegetal e vice versa, tomando como base o modelo Kostiakov-Lewis.

1.1 Objetivo Geral

Caracterizar como os sistemas de cultivo e de manejo do solo influenciam a perda de solo e água, a infiltração de água no solo e o desempenho de modelos para estimativa de infiltração da água no solo.

1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar se a cobertura vegetal associada a Sistemas de Pastejo, de Cultivo Contínuo e de produção agrossilvipastoril altera as perdas de solo e água.
- Avaliar se a cobertura vegetal associada a Sistemas de Pastejo, de Cultivo Contínuo e de produção agrossilvipastoril altera a taxa de infiltração de água no solo.
- Caracterizar o desempenho de modelos para estimativa da infiltração em sistemas de pastejo e de cultivo para diferentes tipos de manejo do solo.
- Propor modelo para conversão entre de taxas de infiltração em solos com cobertura vegetal e sem cobertura vegetal.

1.3 Organização da Tese

A Tese está organizada em três capítulos. O Capítulo 1 (Introdução geral) fornece o histórico e a declaração do problema e os objetivos geral e específicos desta pesquisa. O Capítulo 2 discute a perda de solo e água, a infiltração de água no solo e o desempenho de modelos para estimativa da infiltração em sistemas de pastejo e de cultivo para diferentes tipos de manejo do solo. O Capítulo 3 apresenta o novo modelo para conversão entre de taxas de infiltração em solos com cobertura vegetal e sem cobertura vegetal.

2 PERDA DE ÁGUA E SOLO, INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLO E DESEMPENHO DE MODELOS PARA ESTIMATIVA DE INFILTRAÇÃO

Dentre os principais problemas ambientais encontra-se a erosão dos solos, que reduz a capacidade produtiva dos solos e causa assoreamento de rios e lagos. A perda de solo, acelerada pela erosão hídrica, é fenômeno que afeta de forma generalizada a todos, causando impactos negativos ao produtor rural, devido a diminuição da produtividade do solo. Segundo Dechen *et al.* (2015), a ausência de práticas conservacionistas promove a erosão e consequente lixiviação de nutrientes e perda de matéria orgânica gerando gastos anuais excessivos ao produtor rural.

Neste capítulo abordaremos a influência do preparo do solo nos processos erosivos, com avaliação das perdas de água, solo e infiltração de água no solo. Para alcançar este objetivo utilizamos simulador de chuva portátil que possibilitou a avaliação do potencial de perdas de água, solo e infiltração em quatro diferentes sistemas de manejo, tanto em pastagens quanto em lavouras.

Com a finalidade de avaliar o desempenho de alguns modelos, foram feitas análises de regressão não linear, tomando como base os resultados dos testes infiltração obtidos nos sistemas de manejo em estudo neste trabalho. Os modelos de taxa de infiltração avaliados foram o Kostiakov-Lewis, Horton e Philip. Desta forma, buscamos identificar o modelo que apresenta melhor estimativa da infiltração em diferentes sistemas de pastejo e de cultivo.

2.1 Materiais e Métodos

2.1.1 Local do Estudo

A pesquisa de campo foi realizada em duas áreas experimentais da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo tropical chuvoso de savana, subtipo Aw, caracterizado pela distribuição sazonal das chuvas. Os testes de infiltração foram realizados entre os meses de novembro de 2017 e agosto de 2018. Os testes foram realizados em duas áreas distintas, utilizando simulador de chuva portátil. Essas duas áreas foram denominadas por: Sistema de Pastejo Rotacionado e Sistema Integrado de Rotação Lavoura-Pecuária, de Produção Agrossilvipastoril e Pastagem e Lavoura Contínuos Foram também realizados ensaios em área de vegetação natural, Cerrado, adjacente às áreas experimentais, para conhecimento e comparação do impacto dos manejos de pastagens em relação à vegetação natural.

2.1.2 Sistema de Pastejo Rotacionado com Taxa de Lotação Variável

A área experimental está localizada na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande (20° 25' 09"S, 54° 41' 79"W e altitude de 560 m). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho, com teores de argila em torno de 30% (Embrapa, 2013). A área experimental era de 13,5 ha e foi dividida em três blocos. Cada bloco foi dividido em três módulos de 1,5 ha e esses em seis piquetes de 0,25 ha. O delineamento experimental foi o de blocos completamente casualizados, com três tratamentos e três repetições (módulos). Os tratamentos consistiram em pastos de capim-mombaça recebendo adubação nitrogenada nas doses de 100 (N100), 200 (N200) e 300 (N300) kg ha^{-1} de Nitrogênio (N).

A adubação nitrogenada foi parcelada em duas aplicações, para o tratamento N100, e três aplicações para N200 e N300. A primeira dose foi aplicada em novembro, juntamente com o P (P2O5) e o K (K2O). A fonte de (N) utilizada foi ureia, aplicada até o final de março (período chuvoso), sempre na saída dos animais dos piquetes. O método de pastejo utilizado foi o de lotação rotacionada com taxa de lotação variável. Adotou-se como condição de pré e pós-pastejo, respectivamente, as alturas de dossel 80-90 cm e 40-50 cm (Alvarenga *et al.* 2020), para todas as doses de N avaliadas. Foram utilizados 54 novilhos cruzados das raças Angus x Nelore, com idade e pesos iniciais de dez meses e 300 kg. Os animais foram utilizados para o rebaixamento dos pastos, não foram realizadas avaliações de desempenho animal para o presente experimento (Figura 2.1).

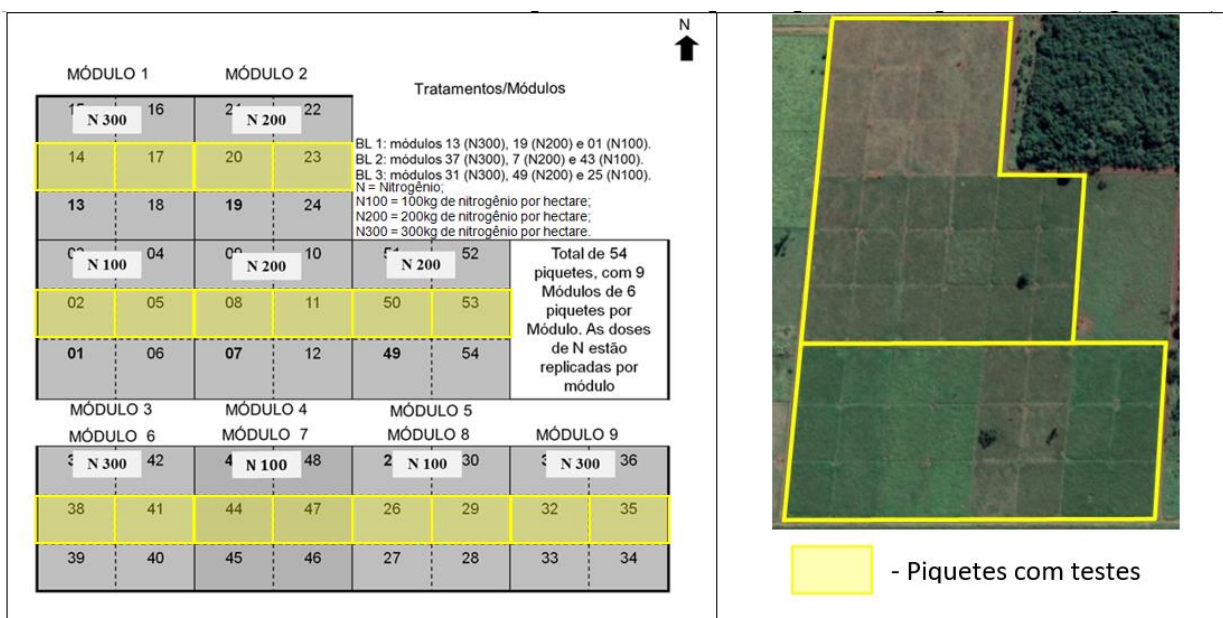


Figura 2.1 - Croqui da área experimental do Sistema de Pastejo Rotacionado, na Embrapa.

Foram realizados quatro testes com o simulador de chuva portátil nos dois piquetes centrais de cada módulo. Os testes foram realizados inicialmente na parcela com vegetação, e posteriormente à remoção da vegetação, foi realizado o teste sem cobertura vegetal. Desta forma,

totalizamos 36 testes neste sistema, sendo 18 com e 18 sem cobertura vegetal. Foram registradas as datas de realização dos testes no sistema rotacionado, (Tabela 2.1).

2.1.3 Diferentes Sistemas de Uso e Manejo do Solo

A área experimental utilizada nestas avaliações está localizada na Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande/MS, nas coordenadas (20° 24' 59"S e 54° 42' 34"W), (Figura 2.2). O padrão é o mesmo da área de pastejo rotacionado. O solo do local foi classificado como um Latossolo Vermelho Distrófico argiloso, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, Embrapa, 2013, com valores de argila variando de 36 a 41% na camada de 0-20 cm.

Os testes de infiltração foram realizados nesse experimento de longa duração, instalado em 1993/94, com diferentes combinações de sistemas e subsistemas de manejo e uso do solo, com pastagens e lavoura de uso contínuo, pastagens e lavouras em sistemas integrados, de ciclos de quatro anos de rotação, com ou sem a presença do componente arbóreo. Foram avaliados cinco sistemas, tendo como tratamentos referencia uma vegetação nativa de Cerrado.

A descrição dos sistemas de uso e manejo do solo para cada subsistema, no ano de 2018, eram as seguintes:

- Sistema S1 (Pastagem Contínua) – pastagem contínua de *Urochloa decumbens*. Sistema composto apenas por pastagem e os testes foram realizados em dois subsistemas: PCSA (Pastagem Contínua Sem Adubação) adubado apenas quando da implantação da área - Safra 1993/94; PCCA (Pastagem Contínua Com Adubação) com adubação de implantação em 1993/94 e adubação de manutenção periódica ao longo do tempo. Em todos os sistemas que são ou estão na fase de pastagem, caso de alguns sistemas integrados, o método de pastejo utilizado é o de lotação contínua com taxa variável, ou seja, ajusta-se a taxa de lotação animal de acordo com a oferta de forragem para a respectiva espécie de gramínea pastejada.
- Sistema S2 (Lavoura Contínua) – Sistema sem presença do componente animal, somente lavouras. Nesse caso, as forrageiras fazem parte do sistema somente como cobertura do solo e formação de palhada para o próximo cultivo de plantio direto de soja no verão. Assim como o anterior, os testes foram realizados em dois subsistemas: LCCS (Lavoura Contínua Cultivo Conservacionista) – soja no verão, com diferentes rotações de outono-inverno (gandu com piatã, sorgo consorciado com piatã, braquiária, etc.), além de a cada quatro anos ser realizado uma subsolagem (efetuada em novembro de 2017) e LCPD (Lavoura

Contínua Plantio Direto), soja no verão com diferentes rotações de outono-inverno (idem LCCS), sem nenhum preparo de solo, situação mantida desde 1993/94. Na ocasião dos testes, julho e agosto de 2018, o cultivo de outono-inverno foi de *braquiária ruzizienses* e feijão *guandu (mandarim)*, implantado logo após a colheita da soja;

- Sistema S3 (Sistema de Integração Lavoura-Pecuária e Lavoura-Pecuaria-Floresta) – 4 (quatro) anos de pastagem seguidos por quatro anos de lavoura, com a presença ou não do componente florestal, no espaçamento de 28 x 4 metros (ILP e/ou ILPF), nesse caso existem dois subsistemas: P4L4, correspondente a quatro anos de pastagem seguidos por quatro anos de lavoura de soja no verão com diferentes rotações de outono-inverno. Como se trata de um sistema de ILP ou ILPF, os sistemas podem estar na fase pastagem ou fase lavoura, dependendo do ano avaliado. Na ocasião dos testes (abril e junho de 2018), o sistema encontrava-se no primeiro ano da fase pastagem, com o capim massai (*Panicum maximum* cv. Massai) recém implantado (janeiro 2018). O subsistema P4L4F é semelhante ao anterior, todavia possui a presença do componente arbóreo, eucalipto Urograndis (Clone H13) implantado em janeiro de 2009.
- Sistema S4 (Sistema de Integração Lavoura-Pecuaria e Lavoura-Pecuaria-Floresta) representa um espelhamento do anterior. A diferenciação se dá quando a pastagem está sendo cultivada no S3, o S4 possui lavoura no mesmo período. Na ocasião dos testes (junho/julho 2018), o sistema encontrava-se no primeiro ano da fase lavoura, com a soja de primeiro ano colhida no final de março de 2018. Durante os testes, a cultura de outono-inverno era o feijão guandu (mandarim) consorciado com braquiária ruzizienses, implantados logo após a colheita da soja. Nesse sentido os subsistemas são, L4P4 que, em 2018, foi cultivado soja no verão pelo primeiro ano, com diferentes rotações de outono-inverno e L4P4F com a presença de soja, além do componente arbóreo, também no espaçamento 28 x 4 m, eucalipto Urograndis (Clone H13) implantado em janeiro de 2010.
- Sistema S5 (Sistema de Integração Lavoura-Pecuaria) L1P3 – é composto por 1 (um) ano de lavoura (soja) seguido por 3 (três) anos de pastagem. Quando da avaliação dos testes (agosto de 2018) o sistema encontrava-se no primeiro ano de pastagem (capim-piatã), implantada em março de 2018, após a colheita da soja.

2.1.4 Vegetação Natural – Cerrado

Foram realizados testes com e sem cobertura vegetal em área de vegetação nativa, constituída por cerrado, situada na Embrapa, nas adjacências das áreas dos sistemas em estudo, (Figura 2.2). O objetivo foi propiciar a comparação entre os testes realizados em áreas de cultivo e manejo e áreas naturais, de vegetação nativa.

	PC	L1-P3		P4-L4	L4-P4	LC
VEGETAÇÃO NATURAL - CERRADO						43
						42
	37	38		39	40	41
	PCSA					31
						30
	25	26	50	27	28	29
	PCCA			P4-L4-F	L4-P4	19
						18
	13	14		15	16	17
		L1-P3		P4-L4	L4-P4-F	7 LCPD
						6 LCCS
	1	2	49	3	4	5




Figura 2.2 – Cerrado e Sistema Integrado de Rotação Lavoura-Pecuária, de Produção Agrossilvipastoril e Pastagem e Lavoura Contínuos. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura, Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Para os diversos sistemas em estudo na Embrapa Gado de Corte, foram realizados 116 testes de campo com o simulador de chuva, em diversos tratamentos relacionados com Pastejo Rotacionado e Sistema Integrado de Produção, (Tabela 2.2). As datas de realização dos testes são importantes para definir influências de manejo, (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Datas dos testes de infiltração nos diferentes sistemas de manejo e cultivo.

Tratamento	Parcela	Mês do Teste
100 kg de N	2, 5, 26, 29, 44, 47	Novembro e dezembro/2017
200 kg de N	8, 11, 20, 23, 50, 53	Novembro/2017
300 kg de N	14, 17, 32, 35, 38, 41	Outubro, novembro e dezembro/2017
PCSA	13	Março/2018
PCCA	2	Fevereiro e março/2018
LCPD	7	Julho/2018
LCCS	6	Julho-agosto/2018
L4P4	4	Junho-julho/2018
L4P4F	16	Junho/2018
P4L4	3	Abril e junho/2018
P4L4F	15	Abril/2018
L1P3	2	Agosto/2018
Cerrado	51	Agosto/2018

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura, Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Tabela 2.2.- Resumo dos tratamentos e quantidade de ensaios.

Tipo de Tratamento		Parcelas	Número de testes	
Pastejo Rotacionado	N – 100	2, 5, 26, 29, 44, 47	12	
	N – 200	8, 11, 20, 23, 50, 53	12	
	N – 300	14, 17, 32, 35, 38, 41	12	
Diferentes Sistemas de Uso e Manejo do Solo	Sistema S1 Pastagem Contínua	PCSA	13	8
		PCCA	25	8
	Sistema S2 Lavoura Contínua	LCPD	7	8
		LCCS	6	8
	Sistema S3 Integrado Lavoura-Pecuária Lavoura-Pecuária-Floresta	L4P4	16	8
		L4P4 – F	4	8
	Sistema S4 Integrado Lavoura-Pecuária Lavoura-Pecuária-Floresta	P4L4	3	8
		P4L4 – F	15	8
	Sistema S5 Integrado Lavoura-Pecuária	L1P3	2	8
	Cerrado			8
Total de testes			116	

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura, Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

2.1.5 Simulador de Chuva Portátil

O simulador de chuva utilizado foi desenvolvido por Alves Sobrinho et. al (2008). O equipamento opera com dois bicos Veejet 80.150 paralelos que, posicionados a 2,30 m em relação ao nível do solo e pressão de serviço de 35,6 kPa, produz gotas com diâmetro volumétrico médio

de 2,0 mm. A parcela teste que recebe a precipitação do simulador é delimitada por chapas de aço galvanizado com área útil de 0,70 m² (0,70 m de largura por 1,0 m de comprimento), (Figura 2.3).

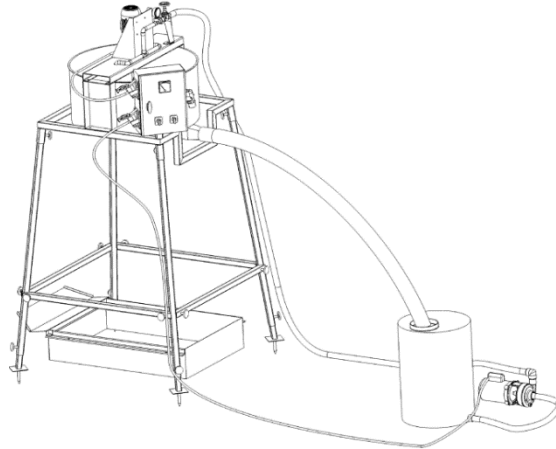


Figura 2.3 - Simulador de Chuvas com aplicação de água de forma não intermitente.

2.1.6 Teste de Infiltração

Antes da aplicação da chuva artificial, foi estabelecido como padrão, o pré-molhamento das parcelas, objetivando uniformizar as condições de umidade. O pré-molhamento tem como objetivo uniformizar as condições de umidade nas parcelas testes, constituindo-se um pré-requisito antes da aplicação da chuva artificial, Cogo *et al.* (1984). Uma vez iniciado o teste, ele teve duração de até 60 minutos. O tempo de coleta para cada amostra de escoamento superficial foi de 1 minuto, realizada em intervalos de 2 minutos, depois de constatado o início do escoamento superficial. Destas amostras, uma a cada três, ou seja, a cada 6 minutos, foram separados os recipientes com o volume coletado para a determinação da massa de solo e a concentração de sedimento. Foram obtidos, desta forma, até 11 amostras de volumes de solução de água e solo escoada em cada teste com o simulador.

Em laboratório, o material coletado foi agitado e vertido em provetas. Em seguida, foram adicionadas seis gotas de ácido clorídrico para proporcionar a floculação do material em suspensão e desta forma, promover a separação dos sedimentos. Após a decantação dos sólidos, o excesso de água foi retirado com auxílio de sifão e o material colocado em estufa a 65°C. Após secagem foi determinada a massa de solo nas amostras coletadas.

2.1.7 Determinação da Taxa de Infiltração, Perda de Solo e Perda de Água

A lâmina de água infiltrada foi calculada pela diferença entre a lâmina aplicada pelo simulador e a lâmina de escoamento superficial. A lâmina de escoamento superficial foi

determinada a cada minuto pela relação entre o volume de água escoado e a área da parcela teste que recebe a precipitação. A taxa de infiltração foi definida a partir da lâmina de água infiltrada para o tempo de um minuto. A taxa final de infiltração foi obtida quando percebemos a estabilização da lâmina de escoamento superficial que ocorre, geralmente, a partir de 30 minutos após o início do escoamento.

A perda de água foi calculada na fase estabilizada do teste, determinada a partir da diferença entre a taxa de infiltração estabilizada e a intensidade de precipitação. Os valores de perda de solo foram obtidos a partir das determinações da massa de solo nas amostras coletadas. Quanto a perda de solo, para cada sistema de manejo foi determinado um valor, definido a partir da média das determinações da massa de solo das amostras. Esta média correspondeu a um minuto de coleta, por este motivo precisou ser multiplicada por 60 para termos a perda de solo em horas. A média também foi dividida pela área da parcela, para termos a perda de solo em metros quadrados.

2.1.8 Modelos de Infiltração

Foram avaliados os modelos mais conhecidos de infiltração de água em solo, correspondendo aos modelos empíricos propostos por Kostiaikov-Lewis (Equação 1) e Horton (Equação 2). Também foi avaliado um modelo analítico conhecido como modelo de abordagem de expansão do tempo e que considera a infiltração como um processo de sorção com influência da gravidade, proposto por Philip (Equação 3), Assouline (2013).

$$i = i_f + \alpha k t^{\alpha-1} \quad (1)$$

$$i = i_f + (i_o - i_f) \cdot e^{-\beta \cdot t} \quad (2)$$

$$i = B + \frac{1}{2} \cdot K \cdot t^{-1/2} \quad (3)$$

Onde, i - taxa de infiltração instantânea estimada, em mmh-1; i_o - taxa de infiltração inicial observada, em mmh-1; i_f - taxa de infiltração final, em mmh-1; α , β , b e k - parâmetros estatísticos dos modelos estimados por regressão não linear utilizando-se o método de Gauss-Newton; t - tempo de infiltração, em minutos.

2.1.9 Determinação da Densidade do Solo, Teor de Argila, Resistência do Solo à Penetração e Teor de Carbono

A densidade do solo, o teor de argila e os teores de carbono foram determinados de acordo com Embrapa (2017). A resistência do solo à penetração (RP) foi obtida no pré e pós-pastejo por

leitura direta, com utilização do PenetroLOG – medidor eletrônico de compactação do solo da marca FALKER, modelo PLG 1020, com 10 pontos em dois piquetes de cada módulo (Gurgel, 2019). A concentração de carbono no solo foi obtida por oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico (Embrapa, 2017).

Os valores médios das principais características físicas, compreendendo declividade do terreno (S), resistência de ponta (RP), densidade do solo (DS) e teor de carbono (C), foram determinados em cada sistema de manejo em estudo, (Tabela 2.3). Da mesma forma, foram determinadas as médias das texturas dos solos para cada sistema de manejo, (Tabela 2.4).

Tabela 2.3 – Declividade (S), Resistência à Penetração (RP), Densidade do Solo (DS) e Teor de Carbono (C).

Tratamento	S (graus)	RP (MPa)		DS (gcm ⁻³)	DS ¹ (gcm ⁻³)	Teor de C %
		5 cm	10 cm			
N – 100	4,1	1,75	1,97	1,28	1,32	2,60
N – 200	3,0	1,76	2,20	1,33	1,40	2,20
N - 300	3,0	2,77	2,89	1,22	1,28	2,51
PCSA	2,3	0,92	1,34	1,27	----	
PCCA	3,3	0,50	1,38	1,29	----	
LCPD	3,1	0,49	1,11	1,43	----	
LCCS	4,9	0,31	0,94	1,28	----	
L4P4	2,0	1,17	1,91	1,32	----	
L4P4 – F	2,0	1,44	1,98	1,34	----	
P4L4	1,8	1,57	1,68	1,38	----	
P4L4 – F	1,9	2,35	1,57	1,35	----	
L1P3	3,9	1,52	2,15	1,27	----	
Cerrado	3,0	0,59	0,88	0,89	----	

DS - Densidade do solo abaixo das touceiras de Capim Mombaça, DS1 - Densidade do solo fora das touceiras de Capim Mombaça. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura, Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Tabela 2.4 – Porcentagem de argila dos solos das áreas de estudo.

Sistema Rotacionado N 100, 200 e 300	Textura do Solo		
	argila	silte	areia
Prof. 0-20 cm	28,78	16,38	54,85
Prof. 20-40 cm	30,84	17,30	51,86
Diferentes Sistemas de Uso e Manejo do Solo	Porcentagem de Argila		
	Profundidade		
	0-5	5-10	10-20
PCSA	36,0	37,8	36,4
PCCA	38,0	38,0	36,4
LCPD	32,8	31,9	32,4
LCCS	33,9	33,5	33,7
L4P4	35,2	35,7	36,7
L4P4 – F	36,6	37,4	36,8
P4L4	39,4	39,3	40,1
P4L4 – F	38,6	38,2	36,3
L1P3	36,6	37,4	36,8
Cerrado	43,6	43,3	43,5

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

2.1.10 Análise dos Dados.

O estudo estatístico levou em consideração as metodologias adotadas por diversos autores (Gomez et. al (2009), Williams e Wuest (2011) e Alves Sobrinho (2003)) em estudos sobre a influência da cobertura vegetal e de diferentes sistemas de cultivo nas propriedades do solo. Para avaliar o efeito dos diversos tratamentos em estudo, foi feita a análise de variância dos dados obtidos, conforme metodologias da ANOVA pelo teste ‘F’ ($P \leq 0,05$).

Após a análise de variância os dados foram analisados com aplicação do teste de Tukey a 5% de significância ($P \leq 0,05$), para a comparação de médias entre as variáveis. O teste de

correlação de Pearson foi utilizado para identificar os atributos do solo e das taxas de infiltração que apresentam maiores potenciais de correlação entre si.

Foram ajustados modelos definidos para taxa de infiltração em função do tempo, através de regressões não lineares, entre valores estimados e valores médios observados de cada tratamento estudado. A qualidade do ajuste dos modelos de regressão foi verificada por índices estatísticos e comparações gráficas entre os valores médios observados e os estimados.

Na análise do desempenho dos modelos é necessário levar em consideração o conjunto dos diversos índices, evitando tendência de um índice isolado. Assim, além do coeficiente de determinação (R^2), foram adotados os índices estatísticos: erro padrão de estimativa (EPE), o coeficiente de massa residual (CRM), o coeficiente de ajuste (CA), a eficiência (EF), porcentagem de tendência (PBIAS) e razão de desvio padrão de observações (RSR), (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 – índices estatísticos utilizados para avaliar o desempenho do modelo.

Índices Estatísticos			
<i>Coeficiente de massa residual</i>	$CMR = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i}$	<i>Porcentagem de tendência</i>	$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i) * 100}{\sum_{i=1}^n O_i}$
<i>Coeficiente de aproveitamento</i>	$CA = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2}$	<i>Razão de desvio padrão de observações</i>	$RSR = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}}$
<i>Eficiência</i>	$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$	<i>Erro-padrão de Estimativa</i>	$EPE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n - 1}}$
<i>Coeficiente de determinação</i>	$R^2 = \left\{ \frac{N(\sum O_i P_i) - (\sum O_i)(\sum P_i)}{\sqrt{[N \sum O_i^2 - (\sum O_i)^2][N \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2]}} \right\}^2$		

O_i - dados observados; P_i - dados estimados pelos respectivos modelos; n - o número de observações, e \bar{O} - média aritmética das observações.

2.2 Resultados e Discussão

A declividade do terreno variou entre 1,8% e 4,1%, (Tabela 2.3). Não foi identificada relação entre a declividade com outras características físicas. A resistência do solo à penetração (RP) variou entre 0,31 e 2,77 MPa para os 5cm de profundidade e entre 0,88 e 2,89 MPa para a profundidade de 10cm. Os valores mais baixos de RP correspondem ao sistema de lavoura contínua, LCPD ou LCCS, pastagem contínua PCCA e PCSA e Cerrado, todas elas com valores inferiores a 1,0 Mpa nos primeiros 5 cm de profundidade. Os valores de RP aumentaram na segunda profundidade avaliada (10 cm) em todos os tratamentos, inclusive no Cerrado. Em geral, os maiores

valores observados nessas duas profundidades foram nos tratamentos de pastejo rotacionado. Isso pode ser devido ao efeito da maior taxa de lotação animal nesses sistemas. No entanto, de acordo com Gurgel (2019), tais valores não foram suficientemente altos a ponto de impactar negativamente na produção forrageira e consequentemente na produção animal.

Quanto a densidade do solo (DS), os valores variaram entre 0,89 g cm⁻³ a 1,40 g cm⁻³, tendo por média o valor de 1,28 g cm⁻³, (Tabela 2.3). O valor mais baixo correspondeu ao terreno natural (Cerrado), que é o composto por vegetação natural. No sistema rotacionado foi possível observar um aumento na (DS), em determinações fora das touceiras do capim Mombaça, quando comparadas com as determinações abaixo das touceiras. Esta diferença pode ter ocorrido devido à menor quantidade de raízes e pelo maior pisoteio de animais entre as touceiras.

2.2.1 Perda de Solo

O grupo de valores de perda de solo, considerando as médias de todos os testes de um determinado manejo, foram denominados de “Valores Totais”. Os resultados, considerando as médias de perda de solo com a exclusão de algumas determinações que apresentaram valores dispersos, que elevaram o desvio padrão, foram denominados de “Valores Ajustados”.

Os ajustes corresponderam a desconsideração de algumas determinações de perda de solo, que apresentaram resultados da ordem de uma dezena de vezes maiores que os demais resultados obtidos em um mesmo sistema de manejo. Consideramos que estes valores destoantes de perda de solo ocorreram devido a influência da cravação da parcela e da remoção da vegetação, que apesar dos cuidados, podem ter desestruturado parte do solo superficial.

Para “Valores Totais” ou “Valores Ajustados”, o menor valor de perda de solo, correspondeu ao manejo L1P3, que é constituído pela pastagem, *capim-piatã*, (Tabela 2.6). Os resultados do Cerrado também apresentaram baixos valores de perda de solo. Para facilitar a análise comparativa entre os sistemas de manejo, estão apresentados os resultados de “Valores Ajustados”, (Figura 2.4).

Tabela 2.6 – Perda de solo (PS) em testes com cobertura vegetal, com medidas de desvio padrão (DP).

Tratamento Com Cobertura (CC)		Valores Totais ¹		Valores Ajustados ²	
		P.S. (gh ⁻¹ m ⁻²)	DP.	P.S. (gh ⁻¹ m ⁻²)	DP.
Pastejo Rotacionado	N – 100	4,59a	2,20	4,59b	2,20
	N – 200	109,83b	224,50	2,91ab	1,30
	N - 300	47,56ab	80,43	1,12ab	0,18
Sistema Integrado de Rotação Lavoura Pecuária, Produção Agrossilvopastoril e Pastagem e Lavoura Contínuos	PCSA	3,02a	1,31	3,02ab	1,31
	PCCA	3,67a	2,83	3,67ab	2,83
	LCPD	1,61a	0,86	1,61ab	0,86
	LCCS	4,62a	3,42	4,62ab	3,42
	L4P4	0,96a	0,82	0,96ab	0,82
	L4P4 – F	1,82a	0,57	1,82ab	0,57
	P4L4	11,74a	12,77	4,40ab	1,29
	P4L4 – F	17,87a	10,30	11,96c	1,30
	L1P3	0,60a	0,22	0,60a	0,22
Cerrado	0,93a	0,30	0,93ab	0,30	

(1) Valores Totais – incluem todos os resultados; (2) Valores Ajustados – desconsidera valores dispersos. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Os “Valores Totais” apresentaram resultados de perda de solo entre 0,6 gh⁻¹m⁻² e 109,83 gh⁻¹m⁻², apresentando apenas dois grupos distintos de perda de solo (PS), através do teste de Tukey 5%, (Tabela 2.6). Quando ajustamos os dados, desconsiderando os resultados dispersos, os testes passaram a apresentar valores entre 0,6 gh⁻¹m⁻² e 11,96 gh⁻¹m⁻², com três grupos (a, b e c), segundo o teste de Tukey 5%.

Considerando os “Valores Ajustados”, o teste de Tukey 5% foi realizado separadamente, em cada sistemas de manejo: sistema rotacionado, lavoura contínua, pastagem contínua e rotação lavoura pecuária. O sistema rotacionado não apresentou diferenciação de médias, representando resultados de um mesmo grupo. Os sistemas de pastagem contínua e lavoura contínua também tiveram médias internas iguais, correspondendo cada sistema a apenas um grupo. O sistema lavoura pecuária apresentou três diferentes grupos, sendo o grupo (a), dos menores valores,

correspondentes aos tratamentos L1P3, L4P4 e L4P4-F, o grupo (b) correspondente ao tratamento P4L4 e o grupo (c) ao P4L4-F.

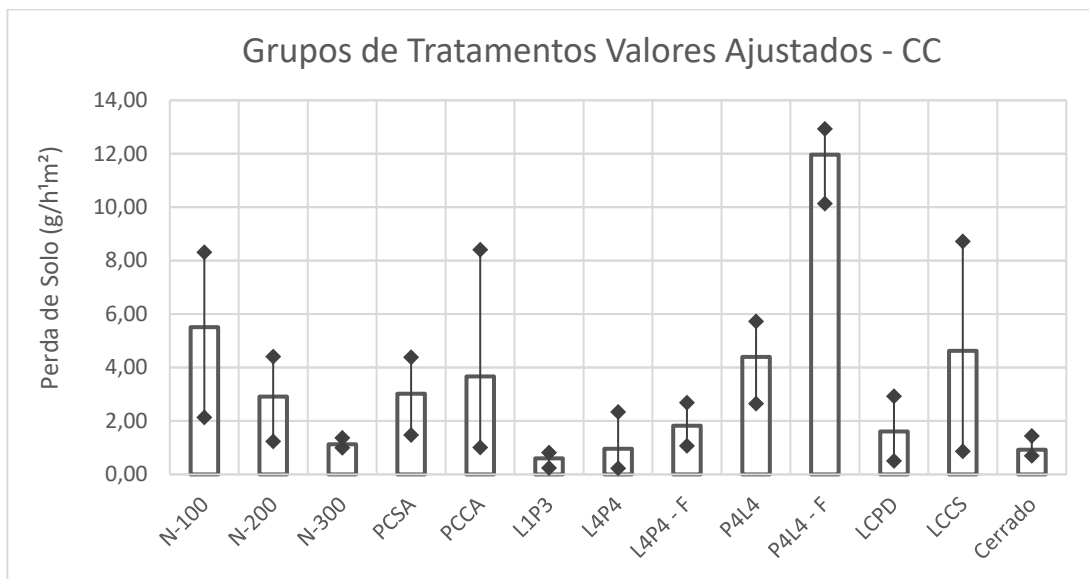


Figura 2.4 – Resultados de perda de solo médios em testes com cobertura vegetal, Valores Ajustados. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Observa-se que os maiores valores de perda de solo com cobertura vegetal foram obtidos no tratamento P4L4F, seguido do tratamento N100, (Figura 2.4). Além disso, é possível observar, tanto na (Figura 2.4), quanto na (Tabela 2.6), que o menor valor de perda de solo, com cobertura vegetal, ocorreu no tratamento L1P3, seguido de perto por diversos tratamentos, excluindo os dois já citados de maior perda. Essa observação mais generalizada ajuda a compreender o comportamento da perda de solo como um todo. No entanto, quando observamos as perdas de solo dentro de cada subsistema nota-se algumas diferenças importantes.

Para o sistema de pastejo rotacionado (N100, 200 e 300) observamos que as menores perdas de solo em “Valores Ajustados, foram para o tratamento N300, reconhecidamente de maior taxa de lotação animal, proporcionada pela maior dose de nitrogênio aplicada. Em posição intermediária encontra-se o N200 e as maiores perdas de solo ocorreram no tratamento N100. Este fato pode

estar relacionado aos valores de RP, DS e Carbono, como demonstrado na (Tabela 2.3). No entanto, não conseguimos, por enquanto, encontrar uma relação para este resultado.

Ainda em termos do sistema rotacionado, mesmo não tendo sido avaliadas neste estudo, algumas considerações podem ser realizadas, tais como a relação da perda de solo com a quantidade de raízes que pode ter influenciado no resultado e o correto manejo do pastejo da área onde foram preconizadas alturas de entrada e saída dos animais que certamente contribuiriam para menor perda de solo no sistema, corroborando com Gurgel (2019) que relata a importância do correto manejo da pastagem para minimizar os efeitos da compactação quando avaliada por meio da RP.

Quanto aos subsistemas PCSA e PCCA, com cobertura vegetal, apresentaram pouca diferença nos resultados de perda de solo, com o maior valor correspondendo ao sistema PCCA. É importante ressaltar que quando da avaliação dos testes de infiltração, o sistema PCSA tinha sido recém implantado, ou seja, em função do nível de degradação da pastagem pela falta de reposição de nutrientes durante mais de duas décadas, houve a necessidade de reimplantação da pastagem. No entanto, para que não ficássemos sem a referência do manejo sem adubação, foi deixada uma faixa de pasto sem ser mexida para que os testes pudessem ser realizados. Portanto, os testes foram realizados nessa faixa de pasto, visto que o piquete como um todo tinha sido novamente implantado e estava sem animais pastejando. Importante ressaltar que essa ausência de pastejo pode ter influenciado nas menores perdas de solo observadas nesse sistema, quando comparado ao sistema PCCA.

Para os subsistemas P4L4, P4L4F, L4P4 e L4P4F a discussão será em conjunto, uma vez que tais sistemas são, de certa forma, alternados, ou seja, enquanto um estiver na fase pastagem (P) o outro estará na fase lavoura (L). Conforme descrito no material e métodos, os testes de infiltração nestes sistemas foram realizados de abril a julho de 2018. Nessa ocasião, os sistemas P4L4 e P4L4F estavam na fase pastagem, porém tinham sido recentemente implantados (janeiro de 2018) e estavam, portanto, no primeiro ano de capim-massai.

Os sistemas L4P4 e L4P4F estavam na fase lavoura, também no primeiro ano de implantação. No entanto, para esses últimos subsistemas, quando da realização dos testes a lavoura de soja já havia sido colhida e os sistemas estavam implantados com a cultura de outono-inverno (quando consorciado com ruzizienses). Este fato ajuda a explicar a menor perda de solo nos sistemas com lavoura L4P4(F) quando comparados aos sistemas de pastagem P4L4(F). Além disso, cabe ressaltar que nos quatro anos anteriores, 2013 a 2017, os sistemas estavam em fases distintas,

ou seja, P4L4(F) estava na fase lavoura e L4P4(F) estava na fase pastagem, o que certamente influenciou, gerando um efeito residual em termos de agregação do solo nos sistemas.

Especificamente para os subsistemas P4L4 e P4L4F, que possuem o mesmo manejo, sendo que a diferença entre eles é apenas a presença ou ausência do componente florestal, observamos que a perda de solo no sistema P4L4F foi superior à perda observada no sistema P4L4, (Figura 2.4). Isso mostra uma clara influência do componente arbóreo. Cabe ressaltar que essa influência não é especificamente do componente arbóreo, mas sim da sombra proporcionada por ele.

Ainda em relação aos subsistemas P4L4 e P4L4F, ambos estão na fase pastagem e implantados com capim-massai, forrageira reconhecidamente de crescimento em touceiras. Por esse motivo, durante a movimentação dos animais no piquete, esses tocam o solo diretamente no espaço entre touceiras. Além disso, há uma tendência dos animais preferirem a sombra nas horas mais quentes do dia, o que faz com que os valores de (RP) fiquem maiores mais próximos a linha de árvores. Além disso, o valor de RP a 5 cm de profundidade foi superior no tratamento P4L4F, quando comparado ao tratamento P4L4, o que pode ter influenciado nas maiores perdas de solo no sistema com árvores, (Tabela 2.3).

Para os subsistemas L4P4 e L4P4F, observamos que os valores de perda de solo com cobertura vegetal tiveram pouca variação em função da presença ou não do componente arbóreo, diferentemente do sistema anterior (Figura 2.4). Uma provável explicação para esse fato pode estar relacionada com a época da realização dos testes nesse sistema, que foi entre junho e julho de 2018. Em 2018 esses subsistemas estavam no seu primeiro ano de soja, dos quatro que estavam previstos. A cultura da soja foi colhida em março de 2018 e, em seguida, foi implantada a cultura de outono-inverno (guandu + ruzizienses). Desde então, a área estava sob pousio, apenas com o crescimento e desenvolvimento das culturas de outono-inverno, o que pode ter influenciado os resultados. Além disso, notamos que os valores de RP a 5 cm, nesses subsistemas, foram mais próximos e menores que o sistema P4L4F, por exemplo (Tabela 2.3).

Outro sistema integrado que merece destaque nessa discussão é o sistema L1P3. Os testes com simulador de chuva nesse sistema foram realizados em agosto de 2018, em uma pastagem de capim-piatã implantado após a colheita da soja, realizada em março de 2018. Esse sistema foi o que apresentou menores valores absolutos de perdas de solo nos testes com cobertura vegetal, sendo numericamente inferior inclusive à vegetação natural, (Figura 2.4). Este comportamento demonstra a importância das forrageiras na cobertura do solo e na prevenção da erosão.

Para os subsistemas LCPD e LCCS, ambos sob plantio direto e com a mesma cultura de outono-inverno, nota-se que as perdas de solo foram numericamente maiores no LCCS. Nesse subsistema é realizada uma subsolagem a cada 4 anos. Essa ação foi realizada em novembro de 2017. Os testes foram realizados no ano seguinte ao da subsolagem, entre os meses de julho e agosto de 2018. Isso demonstra que essa prática apresenta algum efeito na diminuição dos valores de RP e DS, quando comparada ao LCPD, (Tabela 2.3). Nesse sentido, deve-se ressaltar que ações mecânicas que visam a descompactação do solo devem ser muito bem avaliadas antes de sua execução, visto que são operações relativamente onerosas e de resultados que podem não perdurar por muito tempo.

Os resultados dos testes sem cobertura vegetal (SC) também estão apresentados em termos de “Valores Totais” e “Valores Ajustados”, (Tabela 2.7). Para facilitar a análise comparativa entre os sistemas de manejo, os resultados de “Valores Ajustados” foram dispostos em gráfico, (Figura 2.5).

Tabela 2.7 – Perda de solo (PS) em testes sem cobertura vegetal, com medidas de desvio padrão (DP).

Tratamento Sem Cobertura (SC)		Valores Totais ¹		Valores Ajustados ²	
		P.S. (gh ⁻¹ m ⁻²)	DP.	P.S. (gh ⁻¹ m ⁻²)	DP.
Pastejo Rotacionado	N – 100	46,00ab	37,16	31,46ab	19,51
	N – 200	95,55b	70,82	39,05ab	5,65
	N - 300	100,44b	112,86	20,65ab	3,13
Sistema Integrado de Rotação Lavoura Pecuária, Produção Agrossilvopastoril e Pastagem e Lavoura Contínuos	PCSA	62,40ab	11,18	62,40bc	11,18
	PCCA	45,64ab	10,45	45,64b	10,45
	L1P3	0,72ab	0,39	0,72a	0,39
	L4P4	12,22ab	6,71	16,07ab	0,94
	L4P4 – F	21,68ab	30,33	12,51ab	4,15
	P4L4	86,60ab	6,66	86,60c	6,66
	P4L4 – F	64,20ab	23,03	51,73bc	9,27
	LCPD	23,94ab	10,87	29,47ab	5,90
	LCCS	71,51ab	37,84	58,17bc	26,83
	Cerrado	2,44ab	1,12	2,44ab	1,12

(1) Valores Totais – incluem todos os resultados; (2) Valores Ajustados – desconsidera valores dispersos. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F:

Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Da mesma forma observada nos testes com cobertura vegetal, o menor resultado foi do tratamento L1P3, que corresponde a pastagem, com valor médio de perda de solo de 0,72 ($\text{gh}^{-1}\text{m}^{-2}$), abaixo até mesmo do observado na área de vegetação nativa, Cerrado, que apresentou valor de 1,12 ($\text{gh}^{-1}\text{m}^{-2}$), (Tabela 2.7). Além do L1P3 e Cerrado, os menores valores de perda de solo compreendem ainda os manejos L4P4 e L4P4-F. Os valores mais elevados de perda de solo correspondem aos manejos N200, P4L4 e N300, para “Valores Totais” e P4L4, PCSA e LCCS, para “Valores Ajustados”.

Considerando os dados com “Valores Totais”, foram identificados dois grupos (a e b) entre os manejos, segundo os resultados de análise de variância e dos testes de Tukey 5%, (Tabela 2.7). Os dados com “Valores Ajustados” apresentaram três grupos (a, b e c), segundo o teste de Tukey 5%.

Considerando os “Valores Ajustados”, o teste de Tukey 5% foi realizado separadamente em cada sistemas de manejo, sistema rotacionado, lavoura contínua, pastagem contínua e rotação lavoura pecuária. O sistema rotacionado não apresentou diferenciação de médias, representando resultados de um mesmo grupo. Os sistemas de pastagem contínua e lavoura contínua também tiveram médias internas iguais, correspondendo cada sistema a apenas um grupo. O sistema lavoura pecuária apresentou quatro diferentes grupos, sendo o grupo (a), dos menores valores, correspondentes aos tratamentos L1P3 e L4P4-F, o grupo (b) correspondente aos tratamentos L4P4 e L4P4-F, o grupo (c) ao P4L4-F e o grupo (d) ao P4L4.

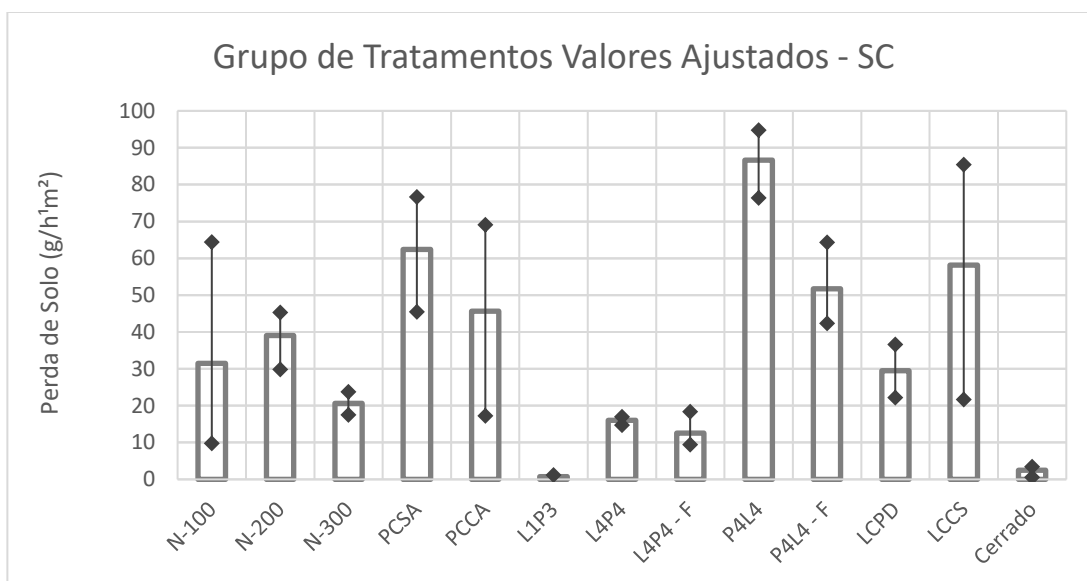


Figura 2.5 – Resultados de perda de solo médios em testes sem cobertura vegetal, Valores Ajustados. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Comparativamente, os testes sem cobertura vegetal tiveram registros de perdas de solo maiores do que com cobertura, (Figura 2.4 e Figura 2.5). Com exceção dos sistemas L1P3 e Cerrado, que registraram valores mais próximos, a relação entre perdas de solo com e sem cobertura vegetal foram, em média 10 vezes maiores, chegando a 20 vezes, em alguns casos, (Tabela 2.6 e Tabela 2.7). Este comportamento era esperado, uma vez que a cobertura vegetal ajuda a proteger o solo de impactos das gotas de chuva, propicia retenção de água e infiltração, resultando em menor escoamento superficial, o que reduz perdas de solo e água.

As menores perdas de solo ocorreram na parcela com vegetação nativa, Cerrado. Segundo Santos *et al.* (2012), a redução nas perdas de solo e água em parcelas com vegetação nativa, quando comparadas às parcelas de solo exposto, indica que a cobertura funciona como barreira ao livre escoamento, permitindo que a enxurrada permaneça mais tempo sob o solo.

Para o sistema de pastejo rotacionado (N100, 200 e 300) observamos que a menor perda de solo ajustada foi para o tratamento N300, seguido pelo N-100 e a maior para o N-300. Não foi observado relação entre a taxa de perda de solo e a taxa de infiltração para testes sem cobertura

vegetal. Fatores tais como a quantidade de raízes, que não foram avaliadas neste trabalho, podem ter influenciado no resultado.

Os subsistemas PCSA e PCCA, sem cobertura vegetal, apresentaram maiores valores para o sistema PCSA, demonstrando resultado contrário ao observado em testes com cobertura vegetal. Esta diferença se deve ao fato de que as condições de degradação da cobertura vegetal não influenciam nos testes sem cobertura vegetal. Portanto, foi possível observar que a adubação ajuda a proteger o solo de processos erosivos e perda de solo. Ainda que não tenhamos a cobertura vegetal, o solo apresenta condições favoráveis de resistência a erosão, provavelmente por fatores como raízes.

Para os subsistemas P4L4, P4L4F, L4P4 e L4P4F valem as mesmas considerações apresentadas nos resultados com cobertura vegetal, pois os testes com e sem cobertura vegetal foram realizados no mesmo dia. Também observamos a menor perda de solo nos sistemas com lavoura L4P4(F) quando comparados aos sistemas de pastagem P4L4(F). A explicação ocorre pelo mesmo motivo apresentado para a condição com cobertura vegetal, a implantação do sistema era recente e com a cultura de outono-inverno (gandu consorciado com ruzizienses). Além disso, nos quatro anos anteriores (2013 a 2017) os sistemas estavam em fases distintas, ou seja, P4L4(F) estava na fase lavoura e L4P4(F) estava na fase pastagem, o que certamente influenciou, gerando um efeito residual em termos de agregação do solo nos sistemas.

Quanto à componente arbórea, observamos menores perdas de solo para tratamentos P4L4F e L4P4F, quando comparados com P4L4 e L4P4, diferentemente dos resultados observados com testes com cobertura vegetal. Consideramos que fatores não avaliados neste estudo podem ter contribuído para o resultado observado.

Outro sistema integrado que merece destaque nessa discussão é o sistema L1P3. Esse sistema foi o que apresentou menores valores absolutos de perdas de solo tanto em testes com quanto sem cobertura vegetal, sendo numericamente inferior inclusive à vegetação natural, (Figura 2.4 e Figura 2.5). Este comportamento demonstra, mais uma vez, a importância das forrageiras na cobertura do solo e na prevenção da erosão.

Para os subsistemas LCPD e LCCS, observamos que as perdas de solo foram numericamente maiores no LCCS, tanto em testes com quanto sem cobertura vegetal. Os testes foram realizados no ano seguinte ao da subsolagem, entre os meses de julho e agosto de 2018. Isso demonstra que essa prática apresenta algum efeito na diminuição dos valores de RP e DS, quando

comparada ao LCPD, (Tabela 2.3). Nesse sentido, deve-se ressaltar que ações mecânicas que visam a descompactação do solo devem ser muito bem avaliadas antes de sua execução, visto que são operações relativamente onerosas e de resultados que podem não perdurar por muito tempo.

2.2.2 Perda de Água

Os menores resultados de perda de água ocorreram em solo com cobertura vegetal. Os maiores resultados corresponderam aos testes sem cobertura do solo, (Tabela 2.8 e Figura 2.6).

Tabela 2.8 – Perda de água média (PA) em testes com e sem cobertura vegetal e valores de desvio padrão (DP).

Tratamento	Com Cobertura		Sem Cobertura		
	PA (mmh ⁻¹)	DP.	PA (mmh ⁻¹)	DP.	
Pastejo Rotacionado	N – 100	17,46ab	14,46	43,30bc	14,09
	N – 200	16,84ab	13,79	38,97bc	9,97
	N – 300	12,78ab	15,18	37,13bc	22,07
Sistema Integrado de Rotação Lavoura Pecuária, Produção Agrossilvopastoril e Pastagem e Lavoura Contínuos	PCSA	21,03ab	15,47	46,91bc	11,03
	PCCA	12,40ab	10,00	33,09bc	6,40
	LCPD	4,80a	3,28	17,06ab	5,87
	LCCS	17,89ab	12,12	30,70bc	9,03
	L4P4	1,57a	1,15	16,01ab	11,61
	L4P4 - F	5,08a	3,11	22,98abc	10,63
	P4L4	1,55a	1,14	41,51bc	6,38
	P4L4 - F	28,13b	10,04	47,68bc	16,06
	L1P3	1,36a	0,57	0,94a	0,74
Cerrado		1,94a	1,01	2,24a	2,01

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Os resultados de perda de água em testes, com cobertura vegetal, apresentaram valores mais elevados para os sistemas P4L4 – F e PCSA. Os menores valores ocorreram nos tratamentos L1P3, L4P4 e Cerrado. Para os resultados em testes sem cobertura vegetal, os maiores valores de perda

de água foram observados nos tratamentos L1P3 e Cerrado. Considerando os teste de Tukey 5%, os resultados com cobertura vegetal apresentaram dois grupos distintos (a e b) e os resultados sem cobertura vegetal apresentaram três grupos (a,b e c), (Tabela 2.8).

O teste de Tukey 5% foi realizado nos sistemas de manejo separadamente, sistema rotacionado, lavoura contínua, pastagem contínua e rotação lavoura pecuária. Para os resultados com cobertura vegetal, o sistema rotacionado não apresentou diferenciação de médias, representando resultados de um mesmo grupo. Os sistemas de pastagem contínua e lavoura contínua também tiveram médias internas iguais, correspondendo cada sistema a apenas um grupo.

Nas análises de teste de Tukey realizados separadamente, o sistema lavoura pecuária apresentou três diferentes grupos, sendo o grupo (a), dos menores valores, correspondentes aos tratamentos L1P3, L4P4 e L4P4-F, o grupo (b) correspondente ao tratamento P4L4 e L4P4 – F, e o grupo (c) ao P4L4-F. Os resultados dos testes sem cobertura vegetal foram iguais aos com cobertura, com exceção apenas do sistema lavoura pecuária, que apresentou três grupos distintos: grupo (a) com os tratamentos L1P3, L4P4, grupo (b) contendo L4P4, L4P4-F e P4L4, e o grupo (c) com P4L4 e P4L4-F.

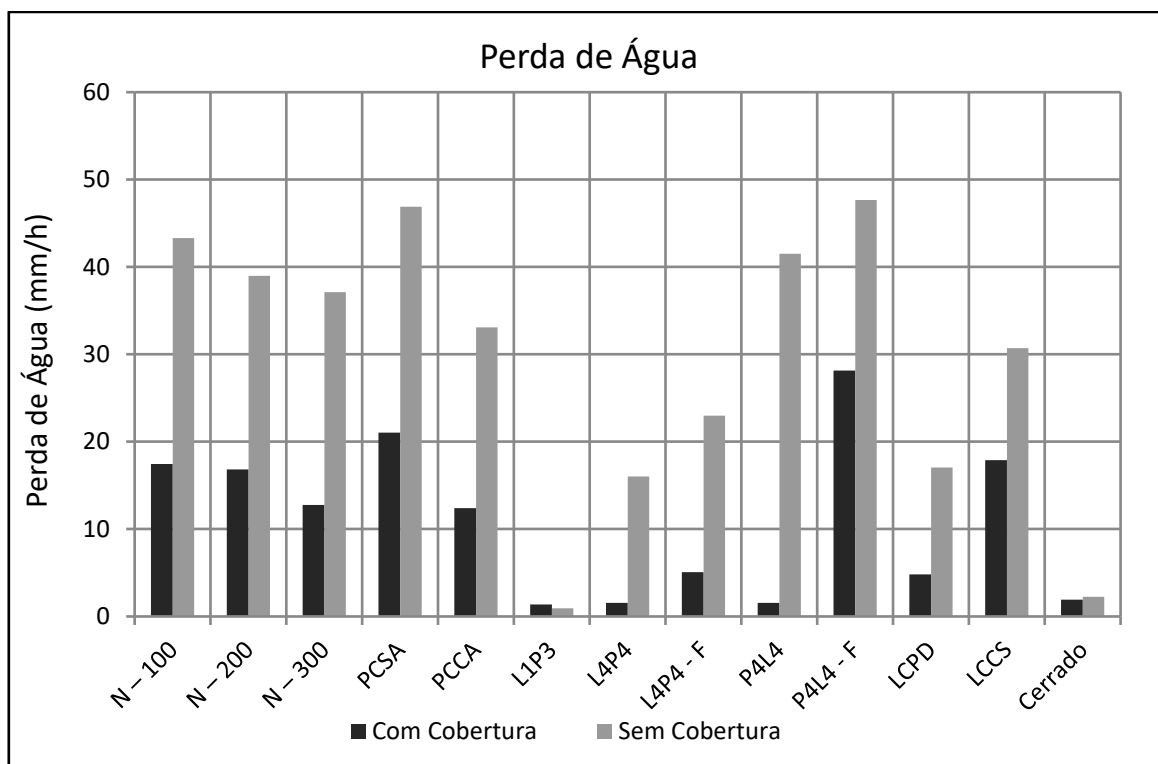


Figura 2.6 – Perda de água em testes com e sem cobertura vegetal. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com

subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Quando comparamos os testes com e sem cobertura vegetal, observamos que em geral, apresentaram um aumento de 2,50 vezes nos valores de perda de água. As exceções ao aumento citado corresponderam ao manejo L1P3, que apresentou diminuição na perda de água, e aos manejos L4P4 e P4L4 que apresentaram aumentos significativos de 10 e 26 vezes, respectivamente. Este resultado demonstra a importância da cobertura vegetal em relação à proteção do solo contra perdas de solo e água.

Em pesquisa de perda de solo e água em sistema conservacionista, com tratamentos de semeadura direta, contendo três diferentes quantidades de resíduos (sem, 2Mgha⁻¹ e 4Mgha⁻¹), Panachuki *et al.* (2011) observou que havia grande redução de perda de água com o aumento da quantidade de resíduos. O autor concluiu que esta diminuição ocorreu devido a influência da capacidade de amortecimento do impacto da energia cinética das gotas de chuva e da amenização do escoamento superficial, em sistemas conservacionistas.

Os resultados de perda de água apresentaram, de forma geral, o mesmo comportamento observado com a perda de solo. Para o sistema de pastejo rotacionado (N100, 200 e 300) observamos que as menores perdas de água ajustadas foram para o tratamento N300, reconhecidamente de maior taxa de lotação animal, proporcionada pela maior dose de nitrogênio aplicada. Em posição intermediária encontra-se o N200 e as maiores perdas de água foram no tratamento N100. Este comportamento é observado tanto em testes com quanto sem cobertura vegetal.

Quanto aos subsistemas PCSA e PCCA, apresentaram maiores valores de perda de água para o sistema sem adubação, PCSA. Isto demonstra que a adubação contribui para o vigor da vegetação e conseqüentemente para a proteção contra perdas de água e solo.

Para os subsistemas P4L4, P4L4F, L4P4 e L4P4F a discussão também será em conjunto, semelhantemente a realizada para perda de solo. Observamos a menores perdas de água nos sistemas com lavoura L4P4(F), quando comparados aos sistemas de pastagem P4L4(F). Considerando que os resultados com perda de água são semelhantes aos de perda de solo, então as

considerações apresentadas também são as mesmas, correspondendo principalmente a influência da implantação ser recente, no primeiro dos quatro anos previstos.

Da mesma forma observada nos resultados de perda de solo, na perda de água o sistema L1P3 apresentou baixos valores de perda de água, tanto em resultados com, quanto sem cobertura vegetal. Este comportamento demonstra a importância das forrageiras na cobertura do solo e na prevenção da erosão.

Para os subsistemas LCPD e LCCS, ambos sob plantio direto e com a mesma cultura de outono-inverno, nota-se que as perdas de água foram numericamente maiores no tratamento LCCS. As mesmas considerações para a perda de solo podem ser tecidas para a perda de água. Reiteramos que ações mecânicas que visam a descompactação do solo devem ser muito bem avaliadas antes de sua execução, visto que são operações relativamente onerosas e de resultados que podem não perdurar por muito tempo.

2.2.3 Correlações entre Características Físicas, Perda de Solo e Perda de Água

Para determinar potenciais correlações entre Resistência de Ponta (RP), Densidade do Solo (DS), Perda de Solo (PS) e Perda de Água (PA), foi calculado o coeficiente de Pearson (ρ) entre cada um destes fatores, (Tabela 2.9).

Tabela 2.9 – Coeficiente de Pearson (ρ) para avaliação de potencial de correlações entre atributos.

Valores	PS	PA	PS e PA	PS e PA	RP e PS	DS e PS	RP e DS
	CC e SC	CC e SC	CC	SC	CC	CC	
Totais	0,641	0,767	0,296	0,813	0,467	0,102	0,161
Ajustados	0,547	0,767	0,743	0,758	0,294	0,285	0,161

(RP) Resistência de Ponta, (DS) Densidade do Solo, (PS) Perda de Solo, (PA) Perda de Água, (CC) Com Cobertura Vegetal e (SC) Sem Cobertura Vegetal.

Observamos que as correlações mais fortes correspondem às relações entre a perda de solo (PS) e a perda de água (PA), para resultados com e sem cobertura vegetal. A exceção a correlações entre (PS) e (PA) corresponde aos resultados de Valores Totais em testes com cobertura vegetal, que devido à variabilidade de alguns resultados, apresentou baixo potencial de correlação. A forte capacidade de correlação entre (PS) e (PA) é esperada, considerando que o solo erodido é justamente carregado pelo escoamento superficial.

Também apresentou boa capacidade de correlação os resultados de perda de água (PA) com e sem cobertura vegetal. Já para a perda de solo (PS) a correlação entre (CC) e (SC) apresentou capacidade moderada de correlação. As características físicas de (RP) e (DS) apresentaram baixo potencial de correlação entre si e com a perda de solo (PS). Devemos considerar que as determinações de (RP) e (DS) não foram realizadas exatamente no mesmo local e nem no mesmo dia dos testes de infiltração.

2.2.4 Análise dos Resultados de Perda de Solo e Água por Sistema

- Sistema Rotacionado

Observando os resultados de “Valores Ajustados” de perda de solo, identificamos, em testes com cobertura vegetal, (Figura 2.4), comportamento semelhante ao de perda de água, com e sem cobertura vegetal, (Figura 2.6). As menores perdas de solo ajustadas foram para o tratamento N300, reconhecidamente de maior taxa de lotação animal, proporcionada pela maior dose de nitrogênio aplicada. Em posição intermediária encontra-se o N200 e as maiores perdas de solo foram no tratamento N100. Este fato pode estar relacionado aos valores de RP, DS e Carbono, como demonstrado na (Tabela 2.3). No entanto, não conseguimos, por enquanto, encontrar uma relação para este resultado.

Em comparação com a condição de solo natural, testes no Cerrado, a perda de solo e de água apresentaram resultados mais elevados para o pastejo rotacionado, em “Valores Ajustados”. Apesar dos valores de perda de solo ser superior em pastejo rotacionado, quando observamos resultados com cobertura vegetal, a diferença do Cerrado é pequena, $0,19 \text{ gh}^{-1}\text{m}^2$.

Os resultados observados neste trabalho corroboram com Sone et.al (2020). Segundo o autor, o uso do método de pastejo rotacionado, juntamente com o método “*put-and-take stocking*”, levam a um aumento das taxas de lotação, melhorando a infiltração de água e reduzindo a erosão do solo. O autor adotou, juntamente com os métodos citados, o uso de diferentes taxas de lotação de nitrogênio e observou que maiores taxas de lotação propiciaram ao crescimento de touceiras menos esparsas. O autor comenta ainda que as touceiras absorvem o impacto animal no solo e, portanto, podem afetar a infiltração. Nesta linha de raciocínio, touceiras mais esparsas, aumentam a compactação e a vedação do solo devido ao pisoteio do gado, Sone *et al.* (2020). Segundo Beven e Germann (2013) apud Sone *et al.* (2020), descobriram que animais pastando podem destruir macroporos próximos à superfície, comprometendo a infiltração de água no solo.

- Sistemas de Pastagem e Lavoura Contínuas

O sistema de pastagem contínua (PC), em testes com cobertura vegetal, os resultados apresentaram valores próximos de perda de solo, com o manejo com adubação (PCCA), apresentando resultado um pouco superior ao manejo sem adubação, PCSA, (Figura 2.4). Este comportamento é resultante da influência do nível mais elevado de degradação da vegetação, por falta de reposição de nutrientes. Porém, em testes sem cobertura vegetal os resultados apresentaram valores menores para o manejo PCCA, semelhantemente ao padrão observado nos resultados de perda de água (PA), com e sem cobertura vegetal (Figura 2.5 e Figura 2.6). Podemos considerar que a adubação ajuda no vigor e o crescimento das plantas, propiciando também o crescimento das raízes e como resultado, aumenta a proteção do solo contra perdas de água e solo.

Nos sistemas de lavoura contínua (LC) foi observado menores valores de perda de solo e água em manejo sem subsolagem, LCPD, quando comparado com manejo com subsolagem, LCCS. Estes resultados foram observados tanto em testes com como sem cobertura vegetal, (Figura 2.4, Figura 2.5 e Figura 2.6). Este resultado não era esperado, pode ter ocorrido devido ao tempo entre a subsolagem, realizada em novembro de 2017, e o teste de infiltração, realizado entre julho e agosto de 2018, ser longo o suficiente para que os efeitos da subsolagem desaparecessem.

- Sistemas de Lavoura-Pecuária

Nos sistemas lavoura pecuária os resultados apresentaram valores maiores de perda de solo e água para sistemas de pastagens, P4L4 e P4L4-F, quando comparados com os de lavoura L4P4 e L4P4-F, (Figura 2.4, Figura 2.5 e Figura 2.6). Cabe ressaltar que a implantação do sistema tinha sido recente, quando os testes foram realizados, abril a julho de 2018. Nos quatro anos anteriores (2013 a 2017) os sistemas estavam em fases distintas, ou seja, P4L4(F) estava na fase lavoura e L4P4(F) estava na fase pastagem, o que certamente influenciou, gerando um efeito residual em termos de agregação do solo nos sistemas.

Os sistemas L4P4 e L4P4F estavam na fase lavoura, também no primeiro ano de implantação. No entanto, para esses últimos subsistemas, quando da realização dos testes a lavoura de soja já havia sido colhida e os sistemas estavam implantados com a cultura de outono-inverno (quando consorciado com ruzizienses). Este fato ajuda a explicar a menor perda de solo e água nos sistemas com lavoura L4P4(F) quando comparados aos sistemas de pastagem P4L4(F).

Porém, o tratamento L1P3, que se encontrava na fase de pastagem, apresentou os menores valores de perda de solo e água, inferiores até mesmo ao do solo natural, Cerrado, (Figura 2.4,

Figura 2.5 e Figura 2.6). Não identificamos os motivos que poderiam justificar os baixos valores de L1P3.

- Influência do Sistemas de Manejo e Conservação do Solo nos Resultados de Perdas de Solo e Água.

Observamos nos resultados de perda de solo e água que a forma de manejo e cultivo alteram a condição do solo em termos de perda de solo e água. Esta afirmação pode ser evidenciada nas análises do teste de Tukey, realizadas tanto em resultados de perdas de solo, quanto de perdas de água, (Tabela 2.6, Tabela 2.7 e Tabela 2.8). Nas perdas de solo observamos resultados distintos principalmente nos “Valores Ajustados”. Também podemos confirmar a afirmação observando os resultados do Coeficiente de Pearson, que apresentaram potenciais fortes de correlação entre os resultados de perda de solo e água, demonstrando que a variação dos resultados nos diferentes sistemas de manejo teve o mesmo comportamento, não sendo, portanto, variação aleatória, (Tabela 2.9).

2.2.5 Infiltração de Água em Solo

Os testes com cobertura vegetal, que apresentaram maiores taxas de infiltração final, corresponderam aos manejos N-300, L4P4-F e LCPD, integrantes do grupo (c) no teste de Tukey a 5%, (Tabela 2.10). Os menores valores de taxa de infiltração final corresponderam aos manejos PCSA, P4L4-F, LCCS e N-200, que compõem os grupos (a) e (b) no teste de Tukey a 5%. Quando comparamos resultados de taxas de infiltração com resultados de perdas de solo e água, não percebemos relação evidente, embora alguns resultados tendam a indicar que maiores taxas de infiltração causam menores perdas de solo e água, comportamento que é esperado.

Na comparação dos resultados de taxas de infiltração com os valores de resistência à penetração (RP), densidade do solo (DS) e teor de carbono (C), percebemos que para o sistema de pastejo rotacionado maiores valores de (DS), menor o valor de taxa de infiltração. Para os demais sistemas não foram identificadas relações entre taxa de infiltração final e (RP), (DS) ou (C).

Tabela 2.10 – Teste de Infiltração com cobertura vegetal.

Tratamentos – Com Cobertura												
N-100	N-200	N-300	PCSA	PCCA	L1P3	L4P4	L4P4-F	P4L4	P4L4-F	LCPD	LCCS	Cerrado
Umidade Inicial do Solo (%)												
17,36	27,22	20,23	23,88	16,01	18,35	15,44	13,18	17,69	12,04	18,98	16,73	18,84
Umidade Final do Solo (%)												
27,18	30,93	26,03	33,81	23,88	24,18	22,71	22,70	22,69	20,59	27,71	28,64	21,76
Índice de Precipitação (mmh⁻¹)												
87,85	73,68	92,28	68,04	74,07	72,71	73,82	80,04	75,75	77,75	78,54	73,66	73,89
Taxa de Infiltração Inicial (mmh⁻¹)												
79,37	63,52	87,79	47,91	63,00	71,53	72,56	76,00	71,38	73,68	75,88	69,50	72,22
Taxa de Infiltração Final (mmh⁻¹)												
70,38	56,84	79,50	47,00	61,67	71,35	72,25	74,95	56,58	49,62	73,74	55,77	71,96
bc	ab	c	a	b	bc	bc	c	ab	ab	c	ab	bc

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

A umidade final foi superior a inicial, o que demonstra saturação do solo durante os testes. Apesar de termos determinado esta diferença de umidade antes e após os testes, não percebemos relações com a diferença entre a taxa de infiltração inicial e a final. Os manejos PCSA, PCCA, L1P3, L4P4, L4P4-F e Cerrado, correspondentes aos testes com cobertura vegetal, apresentaram pouca diferença entre as taxas de infiltração inicial e final, o que pode ser evidenciado na horizontalidade das curvas de infiltração, com a taxa de infiltração estabilizada, (Figura 2.9). A pequena variação na taxa de infiltração durante o teste, aparentemente, indica que o solo das respectivas parcelas atingiu rapidamente a saturação e a taxa de infiltração se estabilizou logo no início do teste.

O índice de precipitação ficou entre 68,04mmh⁻¹ e 92,28mmh⁻¹, com os maiores valores tendo sido ajustados em campo para superar a capacidade de infiltração e gerar escoamento superficial. Apesar do ajuste de campo, os tratamentos L1P3, L4P4 e Cerrado apresentaram taxas

de infiltração muito altos, de forma que os índices de precipitação ficaram muito próximos das taxas de infiltração final observada, limitando a infiltração inicial ao valor do índice de precipitação. Desta forma, as curvas de infiltração dos três manejos ficaram horizontalizadas.

A taxa de infiltração final é um atributo que representa bem a influência dos diferentes manejos na infiltração de água do solo. As taxas finais de infiltração estão apresentadas em diagrama de caixa, gráficos box plot, permitindo assim uma melhor comparação entre os resultados obtidos nos testes de infiltração dos diferentes sistemas em estudo, (Figura 2.7).

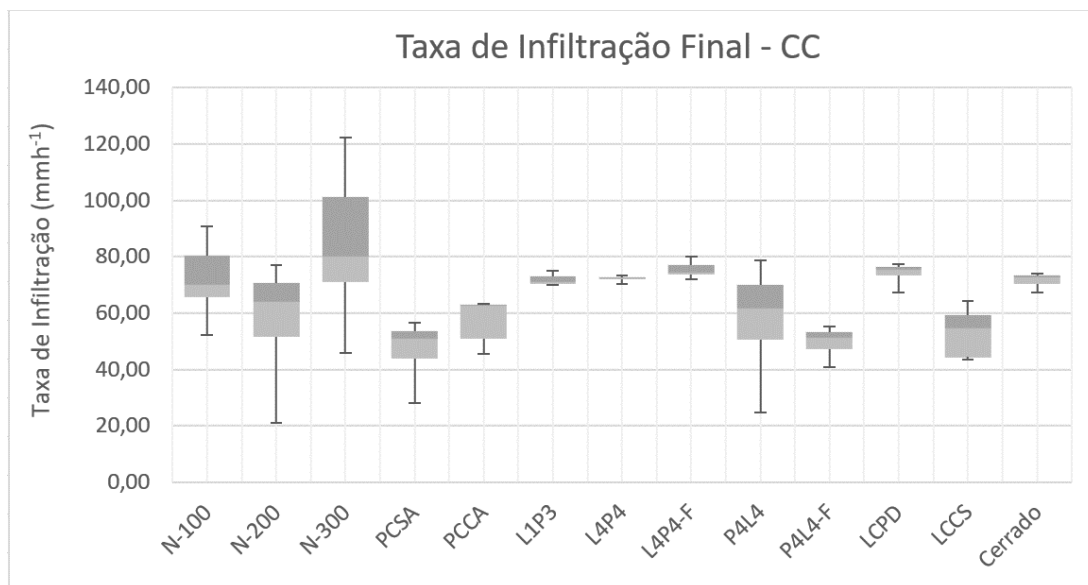


Figura 2.7 – Taxas de infiltração finais médias dos testes com cobertura vegetal. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Observamos maior variabilidade nos dados de taxa de infiltração final nos testes do sistema rotacionado, N-100, N-200 e N-300, seguidos dos tratamentos P4L4 e PCSA. A maior variabilidade nos resultados de pastejo rotacionado também foram observadas nos resultados de perda de solo e água, com os maiores valores de desvio padrão. Não foram identificados motivos que justificassem esta variabilidade, porém deve-se ressaltar que no sistema de pastejo rotacionado as touceiras eram maiores e mais esparsas que nos demais sistemas, o que pode ter acarretado influência, uma vez que a parcela de teste possui área limitada em 0,7m².

Para os testes sem cobertura vegetal, as maiores taxas de infiltração final corresponderam aos manejos L1P3, Cerrado e LCPD, com os dois últimos manejos apresentando os maiores valores também nos testes com cobertura vegetal. Os maiores valores de taxa de infiltração pertencem aos grupos (d) e (e) no teste de Tukey a 5%, (Tabela 2.11). Os menores valores de taxa de infiltração final corresponderam aos manejos PCSA, P4L4-F, PCCA e P4L4, destes apenas os dois primeiros também apresentaram baixos valores em testes com cobertura vegetal. Os menores valores pertencem aos grupos (a) e (b) no teste de Tukey a 5%. Da mesma forma observada nos testes com cobertura vegetal, nos resultados sem cobertura as taxas de infiltração não apresentam relação evidente com resultados de perdas de solo e água, embora alguns resultados tendam a indicar que maiores taxas de infiltração causam menores perdas de solo e água, comportamento que é esperado.

Na comparação dos resultados de taxas de infiltração com os valores de resistência à penetração (RP), densidade do solo (DS) e teor de carbono (C), (Tabela 2.3), percebemos que para o sistema de pastejo rotacionado, quanto maior os valores de (DS), menor os valores de taxa de infiltração. Este comportamento foi observado tanto em resultados com como sem cobertura vegetal, (Tabela 2.11). Para os demais sistemas não foram identificadas relações entre taxa de infiltração final e (RP), (DS) ou (C).

Tabela 2.11 – Teste de Infiltração sem cobertura vegetal.

Tratamentos – Sem Cobertura												
N-100	N-200	N-300	PCSA	PCCA	L1P3	L4P4	L4P4-F	P4L4	P4L4-F	LCPD	LCCS	Cerrado
Umidade Inicial do Solo (% - gg⁻¹)												
20,94	29,61	27,33	24,89	29,18	23,86	21,87	22,94	22,29	23,30	25,71	28,49	24,16
Umidade Final do Solo (% - gg⁻¹)												
29,57	33,81	26,81	27,85	28,03	24,80	25,75	26,70	29,92	29,31	32,61	26,98	32,40
Intensidade de Precipitação Aplicada (mmh⁻¹)												
87,85	73,68	92,28	68,04	74,07	72,71	73,82	80,04	75,75	77,75	87,85	87,85	73,89
Taxa de Infiltração Inicial (mmh⁻¹)												
79,06	61,45	85,02	62,72	65,54	71,79	69,88	73,05	68,08	67,72	79,06	79,06	74,86
Taxa de Infiltração Final (mmh⁻¹)												
44,5	34,71	55,14	21,13	33,09	71,77	57,81	57,06	34,24	30,07	61,48	42,96	72,62
c	bc	d	a	bc	e	d	d	b	ab	de	c	e

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Assim como nos testes com cobertura vegetal, nos testes sem cobertura observamos que os manejos L1P3 e Cerrado apresentaram pouca diferença entre as taxas de infiltração inicial e final, correspondendo apenas à parte horizontalizada da curva de infiltração, com a taxa de infiltração estabilizada. O comportamento dos manejos L1P3 e Cerrado foram semelhantes nos resultados de testes com e sem cobertura vegetal.

A maior variabilidade nos resultados de taxa de infiltração final, em testes sem cobertura vegetal, correspondeu ao sistema rotacionado, N-100, N-200 e N-300, semelhantemente aos resultados com cobertura vegetal, (Figura 2.7 e Figura 2.8). O manejo PCCA também apresentou elevada variabilidade. O mesmo comentário tecido para os resultados com cobertura vegetal, também é válido para os resultados sem cobertura vegetal, considerando que a maior variabilidade nos resultados de pastejo rotacionado também foram observadas nos resultados de perda de solo e

água, com os maiores valores de desvio padrão. Não foram identificados motivos que justificassem esta variabilidade, porém deve-se ressaltar que no sistema de pastejo rotacionado as touceiras eram maiores e mais esparsas que nos demais sistemas, o que pode ter acarretado influência, uma vez que a parcela de teste possui área limitada em 0,7m².

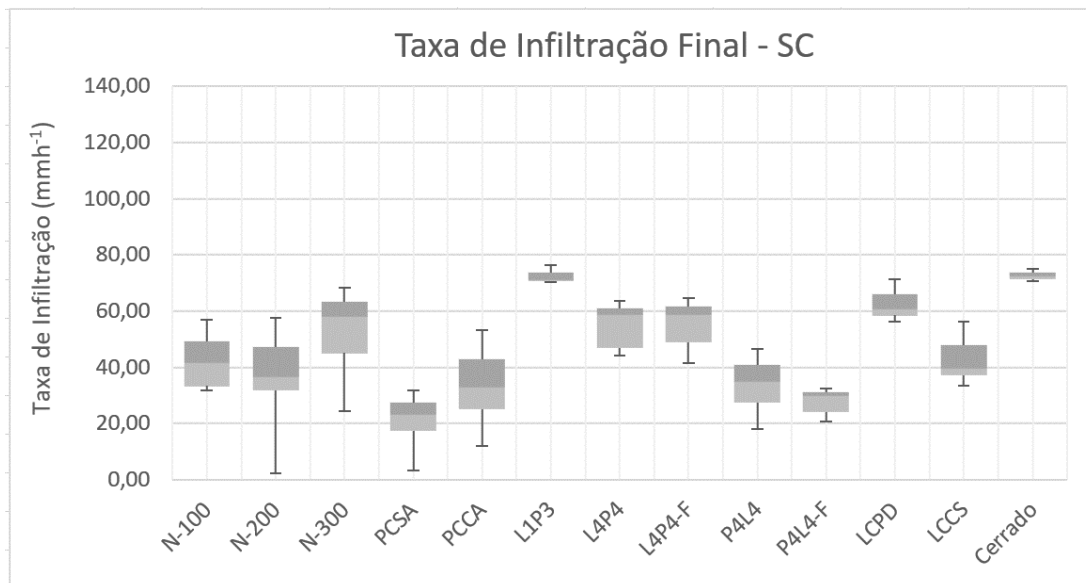


Figura 2.8 – Tabela box plot das taxas de infiltração final dos testes sem cobertura vegetal. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Testes sem cobertura vegetal apresentaram menores valores de taxa de infiltração final, quando comparados com testes com cobertura vegetal, (Figura 2.7 e Figura 2.8). A taxa de infiltração final em testes sem cobertura vegetal é, em média, 65% menor que em testes com cobertura vegetal, (Tabela 2.10 e Tabela 2.11). Esta diferença pode chegar a ser de 44%. Apenas os tratamentos L1P3 e Cerrado não apresentaram diferenças nos testes sem e com cobertura vegetal. Isto se deve à capacidade da vegetação em proteger o solo do efeito de precipitação, retendo parte da água precipitada, retardando o escoamento superficial e aumentando a infiltração.

2.2.6 Análise dos Resultados de Infiltração de Água por Sistema

As curvas de infiltração dos testes em parcelas com e sem cobertura vegetal foram agrupadas para permitir melhor visualização e análise dos resultados, (Figura 2.9). Também foram agrupadas curvas granulométricas de sistemas que possuem correspondências (Figura 2.10, Figura 2.11 e Figura 2.12).

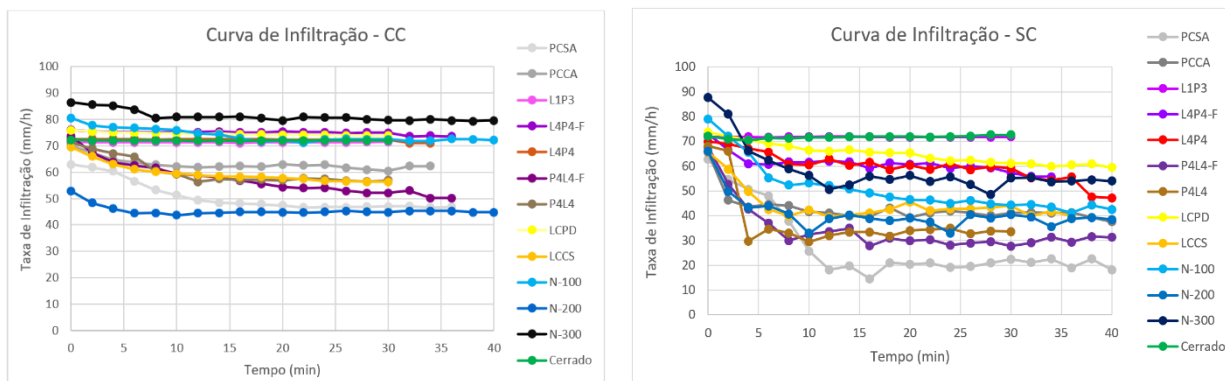


Figura 2.9 – Curva das taxas de infiltração dos testes com e sem cobertura vegetal. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Pelas curvas de infiltração é possível identificar a diferença entre testes com e sem cobertura vegetal. No caso dos testes com cobertura vegetal, os valores de taxas de infiltração variaram entre 40 e 90 mmh^{-1} , já para os testes sem cobertura vegetal apresentaram resultados entre 10 e 90 mmh^{-1} . Apenas o tratamento L1P3 e a condição natural, Cerrado, permaneceram com resultados iguais nos testes com e sem cobertura vegetal.

Observamos que alguns manejos apresentaram valores de taxas de infiltração superiores à da condição natural de Cerrado, em testes com cobertura vegetal. Não foi possível identificar a causa da elevação da capacidade de infiltração destes manejos. No caso de testes sem cobertura vegetal, as curvas de infiltração ficaram abaixo da curva do Cerrado, com exceção do tratamento L1P3.

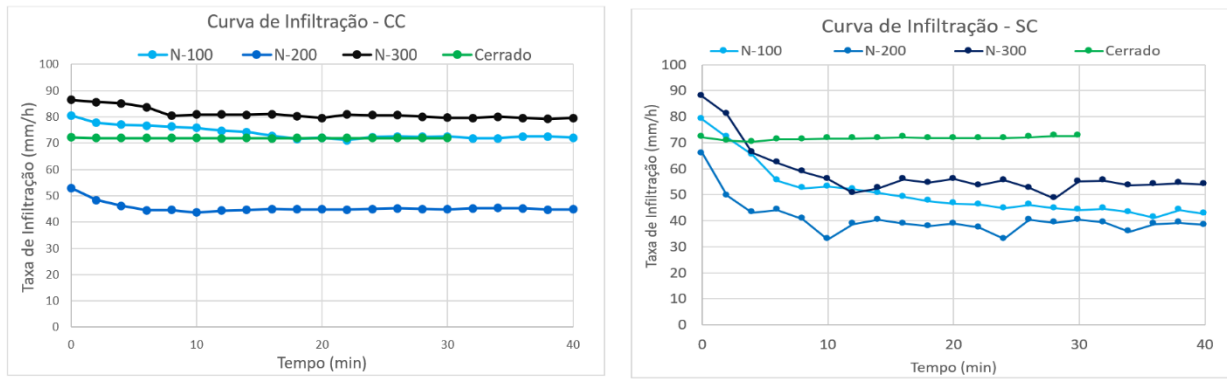


Figura 2.10 – Curva das taxas de infiltração do sistema de Pastejo Rotacionado.

Observando as curvas de infiltração do sistema rotacionado, verificamos que não existe relação entre taxas de nitrogênio e taxas de infiltração, pois os resultados de taxas de infiltração do N-200 são inferiores aos obtidos para os manejos N-100 e N-300. A relação pode ocorrer indiretamente com características físicas do solo, a exemplo da densidade do solo (DS), pois quanto maior o valor de (DS), menor o valor de taxa de infiltração. Este comportamento foi observado tanto em resultados com como sem cobertura vegetal.

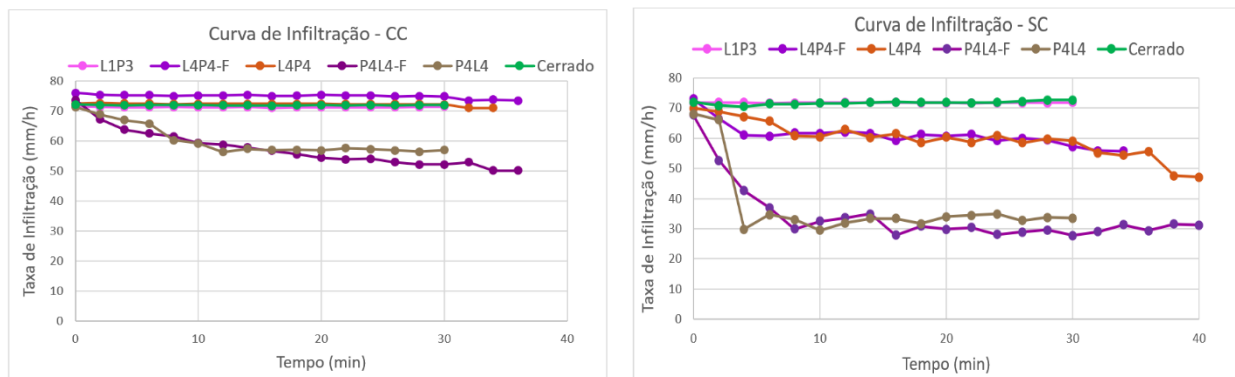


Figura 2.11 – Curva das taxas de infiltração dos sistemas Integrado Lavoura Pecuária. L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária.

Observamos que os tratamentos P4L4-F e P4L4 apresentaram curvas de infiltração muito próximas, podendo ser considerados manejos equivalentes, indicando a pouca influência do eucalipto na infiltração de água no solo. O mesmo comportamento acontece para os tratamentos L4P4 e L4P4-F, com curvas de infiltração muito próximas. Porém, em termos de perda de solo e

água, foram observadas influências em testes com cobertura vegetal, com valores maiores de perda para o tratamento com a componente floresta, P4L4-F e L4P4-F.

O sistema com a componente pastagem apresentou taxas de infiltração menores que as de lavoura, porém, como já comentado, a implantação do sistema era recente no período de realização dos testes de infiltração, e provavelmente, houve influência das componentes anteriores à implantação. Antes da implantação os piquetes com a componente pastagem estava com lavoura e os piquetes de lavoura estavam com pastagem.

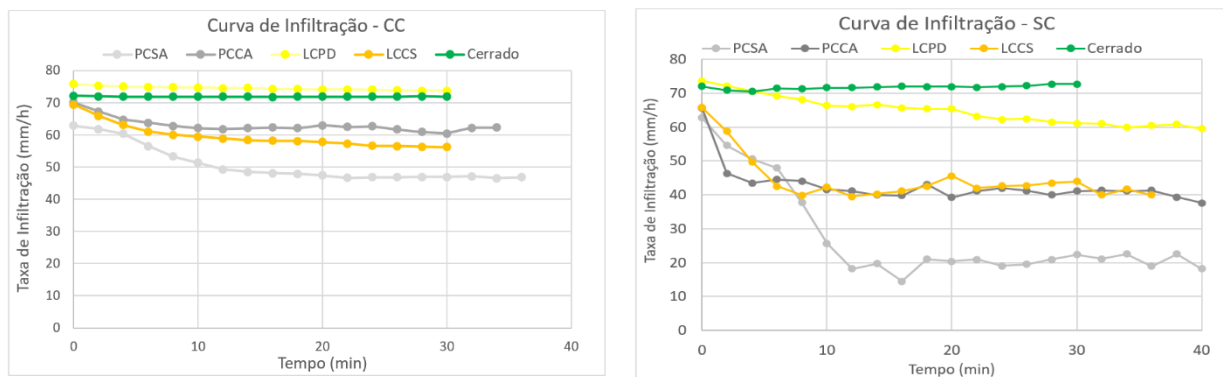


Figura 2.12 – Curvas de taxa de infiltração do Sistema de Lavoura e Pecuária Contínuas. PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem.

O manejo de pastagem contínua com adubação, PCCA, apresentou curva de infiltração superior à curva do manejo de pastagem contínua sem adubação, PCSA. Podemos considerar que a adubação propicia, de forma indireta, a infiltração de água no solo, pois a adubação aumenta a massa de forragem, melhora a cobertura do solo e o crescimento das raízes.

O tipo de manejo e cultivo alteram o comportamento do solo em termos de infiltração de água em solo, apesar de alguns resultados demonstrarem similaridades entre manejos, tais como os manejos P4L4-F e P4L4. Podemos perceber as alterações de infiltração nas comparações entre os manejos: LCCS e LCPD, PCCA e PCSA e sistemas de pastagem e lavoura.

2.2.7 Correlações entre Testes Com e Sem Cobertura Vegetal

Com o objetivo de determinar potenciais correlações entre as taxas de infiltração finais dos sistemas com e sem cobertura vegetal, foi determinado o coeficiente de Pearson (ρ) levando em consideração cada um dos sistemas de manejo. O coeficiente de Pearson indicou potencial moderado, $\rho = 0,688$, para a correlações entre taxas de infiltração em testes com e sem cobertura vegetal, porém indicou potencial muito forte, $\rho = 0,912$, para correlações quando excluímos os

resultados dos manejos L1P3 e Cerrado, (Tabela 2.12). Os dois manejos excluídos apresentaram resultados semelhantes para testes com e sem cobertura vegetal, diferentemente dos demais sistemas em estudo.

Tabela 2.12 – Coeficiente de Pearson para teste de Infiltração com e sem cobertura vegetal.

Valores	Taxa de Infiltração CC e SC	Classificação
Com L1P3 e Cerrado	0,688	Correlação moderada
Sem L1P3 e Cerrado	0,912	Correlação muito forte

2.2.8 Modelos de Taxa de Infiltração de Água em Solo

Os resultados da aplicação dos três modelos de infiltração estão apresentados juntamente com os índices estatísticos, separados em testes com e sem cobertura vegetal e considerando cada sistema de manejo, (Tabela 2.13 a Tabela 2.18).

Tabela 2.13 – Resultado da aplicação do modelo Kostiakov-Lewis em testes com cobertura vegetal.

Resultados Kostiakov-Lewis – Com Cobertura												
Tratamento	Parâmetros			Equação	CMR	CA	EF	R²	PBIAS	RSR	EPE	
	If	k	A									
N - 100	72,20	1,82	0,32	$72,2+0,58t^{0,68}$	-0,003	1,67	0,73	0,86	-0,34	0,52	0,93	
N - 200	56,50	186,82	0,00	$56,5+0,14t^{0,99}$	-0,004	1,03	1,00	0,97	-0,41	0,03	0,41	
N - 300	86,30	0,62	0,75	$86,3+0,47t^{0,25}$	0,000	1,00	1,00	0,44	-0,01	0,03	0,32	
PCSA	46,90	3,85	0,34	$46,90+1,32t^{0,66}$	-0,011	1,07	0,98	0,86	-1,10	0,12	2,12	
PCCA	62,10	3,35	0,05	$62,10+0,18t^{0,95}$	-0,003	1,05	0,99	0,91	-0,32	0,08	0,67	
L1P3	71,40	-0,12	1,20	$71,4-0,14t^{0,20}$	0,000	1,00	1,00	0,24	0,00	0,04	0,07	
L4P4	72,31	0,09	0,55	$72,31-0,05t^{0,45}$	0,000	1,01	1,00	0,69	-0,01	0,06	0,06	
P4L4	56,91	3,15	0,29	$56,91-0,91t^{0,71}$	-0,008	1,12	0,97	0,86	-0,80	0,18	1,89	
L4P4-F	74,97	0,20	0,33	$74,97+0,06t^{0,67}$	0,000	1,01	0,99	0,85	0,00	0,10	0,10	
P4L4-F	52,87	4,82	0,39	$52,87+1,87t^{0,61}$	-0,006	1,09	0,98	0,93	-0,64	0,14	1,67	
LCPD	73,90	0,53	0,46	$73,90+0,244t^{0,54}$	0,000	1,07	0,93	0,90	-0,04	0,27	0,19	
LCCS	56,43	2,79	0,33	$56,43+0,91t^{0,67}$	-0,004	1,05	0,99	0,95	-0,40	0,08	0,88	
CERRADO	71,96	-0,02	1,80	$72,96-0,04t^{0,80}$	0,000	0,99	1,00	0,40	0,02	0,04	0,06	

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; R² - Coeficiente de determinação; PBIAS – Porcentagem de tendência; RSR – Razão de desvio padrão de observações; EPE – Erro padrão de estimativa.

Tabela 2.14 – Resultado da aplicação do modelo Kostiakov-Lewis em testes sem cobertura vegetal.

Resultados Kostiakov-Lewis – Sem Cobertura											
Tratamento	Parâmetros			Equação	CMR	CA	EF	R²	PBIAS	RSR	EPE
	if	k	A								
N - 100	44,40	7,36	0,26	$44,4+1,92t^{-0,74}$	-0,020	1,13	0,98	0,92	-2,02	0,15	2,78
N - 200	38,60	576,84	0,00	$38,6+0,32t^{-0,99}$	-0,060	1,16	0,99	0,86	-6,01	0,12	3,02
N - 300	54,80	10,22	0,07	$54,8+0,75t^{-0,93}$	-0,017	1,19	0,96	0,91	-1,72	0,21	2,64
PCSA	21,24	8,99	0,23	$21,24+2,09t^{-0,77}$	-0,061	1,12	0,97	0,83	-6,12	0,17	5,51
PCCA	41,26	99,33	0,00	$41,26-0,28t^{1,83}$	-0,018	1,06	1,00	0,96	-1,81	0,05	1,01
L1P3	71,80	-0,02	2,83	$71,80-0,06t^{1,83}$	0,000	1,00	1,00	0,18	0,01	0,03	0,05
L4P4	59,59	2,33	0,32	$59,59+0,73t^{-0,68}$	-0,005	1,10	0,97	0,18	-0,54	0,17	1,48
P4L4	33,72	211,75	0,00	$33,72+0,61t^{-0,99}$	-0,051	1,15	0,97	0,84	-5,06	0,17	4,83
L4P4-F	58,97	2,73	0,19	$58,97+0,51t^{-0,81}$	-0,001	1,02	0,99	0,94	-0,08	0,09	0,87
P4L4-F	28,57	8,71	0,14	$28,57+1,23t^{-0,86}$	-0,020	1,05	0,99	0,96	-2,01	0,08	2,33
LCPD	61,83	3,62	0,50	$61,83+1,82t^{-0,49}$	-0,003	1,13	0,95	0,86	-0,30	0,22	1,36
LCCS	43,21	194,90	0,00	$43,21-0,38t^{-0,99}$	-0,031	1,13	0,99	0,89	-3,14	0,12	2,60
CERRADO	72,30	-0,48	0,71	$72,3-0,34t^{-0,29}$	0,000	1,05	0,94	0,43	0,02	0,24	0,36

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; R² - Coeficiente de determinação; PBIAS – Porcentagem de tendência; RSR – Razão de desvio padrão de observações; EPE – Erro padrão de estimativa.

Tabela 2.15 – Resultado da aplicação do modelo Horton em testes com cobertura vegetal.

Resultados Horton – Com Cobertura												
Tratamento	Parâmetros			Equação	CMR	CA	EF	R²	PBIAS	RSR	EPE	
	io	if	B									
N - 100	87,80	72,20	13,08	72,20+15,60.EXP(-13,08t)	0,000	0,63	0,68	0,90	-0,05	0,57	1,01	
N - 200	73,70	56,50	34,17	56,50+17,20.EXP(-34,17t)	0,001	0,99	1,00	0,98	0,14	0,03	0,32	
N - 300	92,80	86,30	109,78	86,30+6,50.EXP(-109,78t)	0,007	1,10	1,00	0,14	0,68	0,06	0,56	
PCSA	68,03	46,90	8,17	46,90+21,13.EXP(-8,17t)	-0,006	1,03	1,00	0,98	-0,58	0,05	0,81	
PCCA	74,05	62,10	18,33	62,10+11,95.EXP(-18,33t)	0,000	1,00	1,00	0,95	-0,04	0,06	0,48	
L1P3	72,70	71,35	120,73	71,35+1,35.EXP(-120,73t)	-0,001	1,06	1,00	0,60	-0,10	0,04	0,08	
L4P4	73,82	72,31	101,95	72,31+1,51.EXP(-101,95t)	0,001	0,88	0,99	0,35	0,13	0,10	0,10	
P4L4	75,75	56,91	9,93	56,91+18,84.EXP(-9,93t)	-0,004	1,05	0,99	0,97	-0,43	0,09	0,95	
L4P4-F	76,90	74,97	27,13	74,97+1,93.EXP(-27,13t)	0,002	1,16	0,98	0,82	0,15	0,15	0,15	
P4L4-F	76,80	52,87	7,51	52,87+23,93.EXP(-7,51t)	-0,003	1,01	1,00	0,99	-0,26	0,06	0,75	
LCPD	78,54	73,90	18,50	73,90+4,64.EXP(-18,50t)	0,002	0,78	0,67	0,85	0,24	0,57	0,40	
LCCS	73,66	56,43	10,37	56,43+17,23.EXP(-10,37t)	0,002	0,97	1,00	0,99	0,17	0,05	0,50	
CERRADO	73,90	72,00	128,94	72,00+1,90.EXP(-128,94t)	-0,001	1,06	1,00	0,85	-0,08	0,04	0,05	

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; R² - Coeficiente de determinação; PBIAS – Porcentagem de tendência; RSR – Razão de desvio padrão de observações; EPE – Erro padrão de estimativa.

Tabela 2.16 – Resultado da aplicação do modelo Horton em testes sem cobertura vegetal.

Resultados Horton – Sem Cobertura												
Tratamento	Parâmetros			Equação	CMR	CA	EF	R²	PBIAS	RSR	EPE	
	io	if	B									
N - 100	87,80	44,40	9,43	44,40+43,40.EXP(-9,43t)	-0,003	1,01	1,00	0,99	-0,34	0,06	1,14	
N - 200	73,70	38,60	30,13	38,60+35,10.EXP(-30,13t)	-0,042	1,11	0,99	0,89	-4,23	0,10	2,47	
N - 300	92,80	54,80	13,94	54,80+38,00.EXP(-13,94t)	-0,007	1,09	0,99	0,97	-0,74	0,11	1,44	
PCSA	68,03	21,24	9,05	21,24+46,78.EXP(-9,05t)	-0,036	1,08	0,99	0,95	-3,58	0,11	3,46	
PCCA	74,05	41,26	36,46	41,26+32,79.EXP(-36,46t)	0,001	1,00	1,00	0,95	0,12	0,04	0,88	
L1P3	72,70	71,79	200,00	71,79+0,91.EXP(-200,00t)	0,000	1,00	1,00	-0,03	0,01	0,03	0,05	
L4P4	73,82	59,59	9,87	59,59+14,23.EXP(-9,87t)	-0,003	1,04	0,99	-0,03	-0,29	0,10	0,92	
P4L4	75,75	33,72	18,66	33,72+42,03.EXP(-18,66t)	-0,019	1,09	0,98	0,94	-1,91	0,15	4,08	
L4P4-F	76,90	58,97	16,81	58,97+17,93.EXP(-16,81t)	0,011	0,90	0,98	0,92	1,15	0,13	1,17	
P4L4-F	76,80	28,57	14,37	28,57+48,23.EXP(-14,37t)	0,013	0,98	1,00	0,98	1,28	0,05	1,47	
LCPD	78,54	61,83	6,61	61,83+16,70.EXP(-6,61t)	-0,003	0,97	0,98	0,96	-0,32	0,15	0,94	
LCCS	73,66	43,21	20,10	43,21+30,45.EXP(-20,10t)	-0,018	1,08	0,99	0,95	-1,84	0,08	1,83	
CERRADO	73,90	72,30	200,00	72,30+1,60.EXP(-200,00t)	-0,008	2,02	0,86	0,12	-0,77	0,37	0,56	

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; R² - Coeficiente de determinação; PBIAS – Porcentagem de tendência; RSR – Razão de desvio padrão de observações; EPE – Erro padrão de estimativa.

Tabela 2.17 – Resultado da aplicação do modelo Philip em testes com cobertura vegetal.

Resultados Philip – Com Cobertura										
Tratamento	Parâmetros		Equação	CMR	CA	EF	R²	PBIAS	RSR	EPE
	b	k								
N - 100	70,44	3,05	$70,44+1,52.(t)^{-1/2}$	0,000	1,23	0,81	0,90	0,00	0,43	0,78
N - 200	54,53	2,48	$54,53+1,24.(t)^{-1/2}$	0,000	1,00	1,00	0,93	0,00	0,04	0,51
N - 300	86,68	0,25	$86,68+0,13.(t)^{-1/2}$	0,000	1,00	1,00	0,36	0,00	0,03	0,33
PCSA	43,17	6,40	$43,17+3,20.(t)^{-1/2}$	0,000	1,01	0,99	0,89	0,00	0,10	1,79
PCCA	59,93	2,70	$59,93+1,35.(t)^{-1/2}$	0,000	1,01	0,99	0,93	0,00	0,07	0,57
L1P3	71,22	0,06	$71,22+0,03.(t)^{-1/2}$	0,000	1,00	1,00	0,46	0,00	0,04	0,07
L4P4	72,31	0,09	$72,31+0,05.(t)^{-1/2}$	0,000	1,00	1,00	0,67	0,00	0,06	0,06
P4L4	53,11	5,58	$53,11+2,79.(t)^{-1/2}$	0,000	1,02	0,98	0,90	0,00	0,15	1,57
L4P4-F	74,85	0,29	$74,85+0,14.(t)^{-1/2}$	0,000	1,01	0,99	0,85	0,00	0,10	0,10
P4L4-F	49,72	6,99	$49,72+3,49.(t)^{-1/2}$	0,000	1,01	0,99	0,94	0,00	0,12	1,40
LCPD	73,72	0,65	$73,72+0,32.(t)^{-1/2}$	0,000	1,07	0,94	0,90	0,00	0,25	0,18
LCCS	53,99	4,44	$53,99+2,22.(t)^{-1/2}$	0,000	1,00	1,00	0,97	0,00	0,06	0,64
CERRADO	71,86	0,08	$71,86+0,04.(t)^{-1/2}$	0,000	1,00	1,00	0,79	0,00	0,03	0,04

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; R² - Coeficiente de determinação; PBIAS – Porcentagem de tendência; RSR – Razão de desvio padrão de observações; EPE – Erro padrão de estimativa.

Tabela 2.18 – Resultado da aplicação do modelo Philip em testes com cobertura vegetal.

Resultados Philip – Sem Cobertura										
Tratamento	Parâmetros		Equação	CMR	CA	EF	R²	PBIAS	RSR	EPE
	b	k								
N - 100	36,84	12,52	$36,84+6,26.(t)^{-1/2}$	0,000	1,01	0,99	0,95	0,00	0,10	1,93
N - 200	31,37	6,60	$31,37+3,30.(t)^{-1/2}$	0,000	1,01	0,99	0,79	0,00	0,11	2,76
N - 300	46,49	10,59	$46,49+5,29.(t)^{-1/2}$	0,000	1,03	0,97	0,94	0,00	0,16	2,07
PCSA	9,06	16,49	$9,06+8,24.(t)^{-1/2}$	0,000	1,02	0,98	0,88	0,00	0,14	4,56
PCCA	36,55	5,21	$36,55+2,61.(t)^{-1/2}$	0,000	1,00	1,00	0,92	0,00	0,05	1,12
L1P3	71,79	0,011	$71,79+0,006.(t)^{-1/2}$	0,000	1,00	1,00	0,13	0,00	0,03	0,05
L4P4	57,02	4,00	$57,02+2,00.(t)^{-1/2}$	0,000	1,02	0,98	0,13	0,00	0,14	1,29
P4L4	21,73	12,20	$21,73+6,10.(t)^{-1/2}$	0,000	1,03	0,97	0,87	0,00	0,16	4,51
L4P4-F	56,38	4,16	$56,70+2,04.(t)^{-1/2}$	0,000	1,01	0,99	0,94	0,00	0,10	0,89
P4L4-F	18,77	13,02	$18,77+6,50.(t)^{-1/2}$	0,000	1,00	1,00	0,98	0,00	0,06	1,69
LCPD	61,17	3,98	$61,17+1,99.(t)^{-1/2}$	0,000	1,05	0,95	0,86	0,00	0,22	1,34
LCCS	35,09	7,96	$35,09+3,98.(t)^{-1/2}$	0,000	1,01	0,99	0,90	0,00	0,10	2,25
CERRADO	72,05	-0,24	$72,05-0,12.(t)^{-1/2}$	0,000	1,06	0,94	0,34	0,00	0,24	0,37

PCSA: Pastagem contínua sem adubação; PCCA: Pastagem contínua com adubação; LCPD: Lavoura Contínua em plantio direto; LCCS: Lavoura Contínua com subsolagem; L4P4F: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com 4 anos de lavoura e 4 anos de pecuária, com eucalipto, que é o componente floresta; L4P4: igual ao L4P4F, mas sem o componente floresta; P4L4: Integração Lavoura Pecuária, com 4 anos de pecuária e 4 anos de lavoura; P4L4F: Igual ao P4L4, mas com eucalipto, que é o componente floresta; L1P3: Integração Lavoura Pecuária, 1 ano lavoura e 3 anos pecuária; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; R² - Coeficiente de determinação; PBIAS – Porcentagem de tendência; RSR – Razão de desvio padrão de observações; EPE – Erro padrão de estimativa.

Os índices estatísticos que apresentaram menores variabilidades nos resultados foram CMR, CA e EF. Não foi identificada relação entre os resultados de índices estatísticos e os diferentes sistemas de manejo. Também não foram observadas relações entre os atributos das equações e os sistemas de manejo.

Os valores negativos de CRM indicam que o modelo superestimou a taxa de infiltração, os valores positivos indicam que o modelo subestimou. Os modelos Kostiakov-Lewis e Horton superestimaram a taxa de infiltração. O modelo Philip não apresentou tendências de superestimativa ou subestimativa. Para facilitar a análise comparativa, os índices estatísticos estão representados por médias, (Tabela 2.19). Os desvios padrões, para cada média, também estão apresentados, (Tabela 2.20). O índice CMR está representado por soma dos valores e não média.

Tabela 2.19– Valores de soma e médios dos índices estatísticos.

Modelos	CMR	CA	EF	R²	PBIAS	RSR	EPE
Kostiakov Lewis	-0,33 ⁽¹⁾	1,09 ⁽²⁾	0,97 ⁽²⁾	0,75 ⁽²⁾	-1,26 ⁽²⁾	0,14 ⁽²⁾	1,47 ⁽²⁾
Horton	-0,11 ⁽¹⁾	1,04 ⁽²⁾	0,96 ⁽²⁾	0,77 ⁽²⁾	-0,44 ⁽²⁾	0,13 ⁽²⁾	1,02 ⁽²⁾
Philip	0,00 ⁽¹⁾	1,02 ⁽²⁾	0,98 ⁽²⁾	0,77 ⁽²⁾	0,00 ⁽²⁾	0,12 ⁽²⁾	1,26 ⁽²⁾
Valores Preferenciais	0	1	1	1	0	0	0

Valores resultante de soma. (2) Valores resultantes de médias. CMR – Coeficiente de massa residual; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; R² - Coeficiente de determinação; PBIAS – Porcentagem de tendência; RSR – Razão de desvio padrão de observações; EPE – Erro padrão de estimativa.

Tabela 2.20– Valores de desvio padrão obtidos nos resultados dos três modelos.

Modelos	CMR	CA	EF	R²	PBIAS	RSR	EPE
Kostiakov Lewis	0,0003	0,0171	0,0028	0,0668	3,4094	0,0108	2,1114
Horton	0,0002	0,0123	0,0078	0,1163	1,5314	0,0214	0,9941
Philip	0,0000	0,0022	0,0015	0,0665	0,0000	0,0082	1,5296

CMR – Coeficiente de massa residual; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; R² - Coeficiente de determinação; PBIAS – Porcentagem de tendência; RSR – Razão de desvio padrão de observações; EPE – Erro padrão de estimativa.

Podemos observar que o modelo Philip apresentou melhor desempenho entre os modelos, com valores de índices estatísticos mais próximos dos valores preferenciais, apenas o índice EPE indicou o modelo Horton como o de melhor desempenho. Os índices estatísticos indicaram o

modelo Kostiakov-Lewis como tendo o pior desempenho, embora o índice EF indicou este modelo como sendo o segundo melhor.

Apesar do modelo Philip ser o que apresentou melhor resultado, este modelo é basicamente uma equação de ajuste matemático, não tendo atributos físicos oriundos do processo de infiltração de água em solo. O modelo Horton, identificado como o segundo melhor modelo, corresponde a um modelo semiempírico, com alguns atributos oriundos do processo de infiltração, tais como taxas de infiltração final e inicial.

Apesar do modelo Kostiakov-Lewis ter apresentado o pior desempenho, oferece as vantagens de ser semiempírico, considerando a taxa de infiltração final, e ser de fácil utilização, dependendo de apenas um atributo físico. Em termos de desvio padrão, o modelo Philip também apresentou os melhores resultados, com os modelos Horton e Kostiakov-Lewis se equivalendo em termos de desvios padrões.

2.3 Conclusão

2.3.1 Perda de Solo e Água

Os resultados de perda de água (PA) em testes sem cobertura vegetal apresentaram um aumento médio de 2,50 vezes, quando comparados resultados com cobertura vegetal. Em termos de perda de solo, a diferença entre resultados de testes sem cobertura vegetal é da ordem de 10 vezes maior que os valores sem cobertura vegetal, podendo chegar a 20 vezes.

Existe forte potencial de correlação entre a perda de solo (PS) e a perda de água (PA), tanto para testes com quanto sem cobertura vegetal. Os resultados apresentaram boa correlação para perda de água (PA) em testes com e sem cobertura vegetal. Já para perda de solo (PS) a correlação entre (CC) e (SC) apresentou capacidade moderada de correlação. As características físicas apresentaram baixo potencial de correlação entre si e com a perda de solo (PS).

O manejo N-300 apresentou menores resultados de perdas de solo e água, com aumento progressivo para N-200 e N-100. O manejo PCCA apresentou menores valores de perda de solo e de água, quando comparado com o manejo PCSA. O tipo de manejo e cultivo alteram o comportamento do solo em termos de perda de solo e água.

2.3.2 Infiltração de Água em Solo

Testes sem cobertura vegetal apresentaram menores valores de taxa de infiltração, quando comparados com testes com cobertura vegetal. As taxas de infiltração sem cobertura vegetal são,

em média, 65% menores, em comparação aos resultados com cobertura vegetal. Isto se deve à capacidade da vegetação em reter parte da água precipitada, retardando o escoamento superficial e aumentando a infiltração.

Não observamos relação entre taxas de aplicação de nitrogênio no sistema rotacionado e taxas de infiltração. Podemos considerar que a adubação propicia, ainda que indiretamente, a infiltração de água no solo, conforme observado entre os resultados dos manejos PCCA e PCSA.

O tipo de manejo e cultivo alteram o comportamento do solo em termos de infiltração de água em solo, apesar de alguns resultados demonstrarem similaridades entre manejos, tais como os manejos P4L4-F e P4L4. O potencial de correlação entre resultados de testes de infiltração, entre testes com e sem cobertura vegetal, apresenta-se entre moderado a muito forte.

2.3.3 Modelos de Taxa de Infiltração de Água

Não foi identificada tendência nos atributos dos modelos e nem nos índices estatísticos, em relação aos diferentes sistemas de manejo estudados. Os modelos Kostiakov-Lewis e Horton apresentaram superestimativa na taxa de infiltração, enquanto o modelo Philip não apresentou superestimativa e nem subestimativa, conforme resultados do índice CMR. Os índices estatísticos com menor variabilidade foram CMR, CA e EF.

O modelo que apresentou melhor desempenho foi o Philip, seguido pelo Horton e por último o Kostiakov-Lewis. Apesar disto, os modelos Horton e Kostiakov-Lewis são semiempíricos, incluindo atributos físicos, por isto não são menos importantes que o modelo Philip, que é basicamente constituído de uma equação matemática. O modelo Kostiakov-Lewis depende de apenas um atributo físico, tornando-o mais fácil de ser utilizado, quando comparado com o Horton.

3 MODELO DE CONVERSÃO DE TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLO COM E SEM COBERTURA VEGETAL

O conhecimento da taxa de infiltração de água no solo é fundamental para estudos hidrológicos, planejamento e projeto de sistemas de irrigação e drenagem, entre outras aplicações. Diversos estudos têm sido realizados nas últimas décadas, no sentido de conhecer a influência de manejos e de culturas no processo de infiltração de água nos solos (Rahman e Islam, 1989; Logsdon *et al.* 1993; Thierfelder *et al.* 2005; Castellini *et al.* 2019). Alguns trabalhos têm sido realizados em parcelas com e sem cobertura vegetal, objetivando identificar a influência da cobertura no

processo de infiltração de água no solo (Santos *et al.*, 2016; Almeida *et al.*, 2018). Porém, nenhum trabalho tem abordado a relação entre as taxas de infiltração com e sem cobertura vegetal.

A possibilidade da iteração entre as taxas de infiltração para as condições com e sem cobertura, abre nova lacuna para estimar a infiltração de água em solos, após desmatamento ou queimadas. Também seria mais fácil prever o potencial de escoamento superficial e erosão que podem ocorrer com a remoção da vegetação. Por outro lado, o ganho em termos do aumento de infiltração com a recuperação de áreas degradadas também poderia ser facilmente estimado.

A infiltração de água no solo pode ser mensurada em campo ou estimada por modelos matemáticos empíricos ou teóricos. Os modelos empíricos apresentam a vantagem de relacionar parâmetros do modelo às características do solo, sem exigir que tenham significado físico, o que em geral leva a fatores difíceis de serem considerados em modelos teóricos (Mirzaee *et al.*, 2014). Diversos modelos foram desenvolvidos de forma a descrever o processo de infiltração de água no solo, dentre os quais podemos citar os modelos de Kostiakov, Kostiakov-Lewis, Horton, Philip, Green & Ampt, entre outros (Santos *et al.*, 2016). Após avaliar os modelos Kostiakov-Lewis, Horton e Philip, Almeida *et al.* (2018) concluíram que o modelo de Horton apresentou melhor eficiência, embora não tenha apresentado a mesma performance em solos sem cobertura vegetal, situação mais bem estimada pelo modelo Philip. Os autores comentam ainda que os três modelos são aceitáveis.

Mirzaee *et al.* (2014) após avaliarem a aplicação de oito modelos de infiltração, dentre eles os modelos de Kostiakov, Horton, Kostiakov modificado e Kostiakov modificado revisado (KMR), em solos com diferentes classes texturais, observaram que os modelos KMR e Kostiakov apresentaram melhor desempenho para prever taxa de infiltração e taxa de infiltração acumulada, respectivamente. Santos *et al.* (2016), após utilizarem os modelos de Kostiakov-lewis, Horton e Philip, observaram que o modelo de Horton foi o mais adequado para representar o comportamento das taxas de infiltração de água no solo.

Com base em modelo empírico, avaliamos a capacidade de iteração entre as taxas de infiltração com e sem cobertura vegetal. Assim, o objetivo foi desenvolver um modelo empírico de fácil utilização e que permita estimar taxas de infiltração de água em solos com cobertura, a partir de dados sem cobertura e vice versa. Para aplicação do modelo devemos tomar um modelo empírico existente e a taxa de infiltração final que poderá ser obtida por testes simples de campo tais como o ensaio de anéis concêntricos.

3.1 Materiais e Métodos

Os testes de infiltração de água no solo foram realizados com o simulador de chuvas portátil desenvolvido por Alves Sobrinho (2008), em parcelas com e sem cobertura vegetal para a obtenção das iterações entre os resultados. A iteração entre os dados se deu a partir do modelo de Kostiakov-Lewis, escolhido como modelo base. Segundo Almeida *et al.* (2018) em parcelas com pastagens o modelo Kostiakov-Lewis demonstrou melhor ajuste. O modelo empírico de Kostiakov-Lewis é empregado principalmente em manejo de irrigação, sendo a equação de normalmente utilizada para a estimativa da infiltração acumulada. Este modelo, segundo Mirzaee *et al.*, (2014), demonstrou boa eficiência tanto para solos argilosos quanto siltosos.

Critérios utilizados para o desenvolvimento do modelo:

- Fizemos uma investigação por fatores que, ao serem agregados ao modelo base, pudessem converter os dados com em dados sem cobertura vegetal e vice versa.
- Buscamos identificar os fatores que dessem resultados mais próximos aos obtidos nos testes de campo.
- A verificação da capacidade dos fatores investigados em estimar as taxas de infiltração foi feita através da comparação gráfica entre as curvas de infiltração obtidas em campo e os resultados da investigação.
- Foram utilizados índices estatísticos para verificar a eficiência dos fatores.

Para a validação utilizamos banco de dados de testes de infiltração em parcelas com e sem cobertura vegetal, resultantes de diversas campanhas de campo. Ao todo foram 142 testes, sendo 71 testes com cobertura (CC) e 71 testes sem cobertura vegetal (SC) na superfície do solo. Os testes resultaram em mais de 1800 determinações de taxas de infiltração para as condições com e sem vegetação, respectivamente.

Também validamos o modelo utilizando os índices estatísticos na comparação de eficiência entre o modelo Kostiakov-Lewis e o modelo que estamos propondo. Os resultados dos índices estatísticos foram comparados com valores encontrados na literatura, oriundos de estudos com modelos de infiltração consagrados. Com estas comparações, foi possível verificar se o modelo proposto possui resultados compatíveis com o padrão obtido por outros estudos.

3.2 Procedimento dos Testes de Campo

O simulador de chuva utilizado, opera com dois bicos Veejet 80.150 paralelos que, posicionados a 2,30 m em relação ao nível do solo e sob pressão de serviço de 35,6 kPa, produz gotas com diâmetro volumétrico médio de 2,0 mm, (Figura 3.1). A parcela teste que recebe a precipitação do simulador é delimitada por chapas de aço galvanizado com área útil de 0,70 m² (0,70 m de largura por 1,0 m de comprimento).

O ensaio de campo com o simulador teve duração de até 60 minutos. O tempo de coleta para cada amostra de escoamento superficial é de 1 minuto, realizada em intervalos de 2 minutos, após o início do escoamento superficial. A taxa estável final de infiltração foi obtida quando se observa a estabilização da lâmina de escoamento superficial que ocorre, geralmente, a partir de 30 minutos após o início do escoamento. Os testes foram realizados inicialmente com a vegetação, posteriormente a vegetação foi removida, evitando alteração nas condições superficiais do solo, (Figura 3.1). Novo teste de infiltração era então realizado na parcela sem cobertura vegetal.



Figura 3.1 – Simulador portátil de chuva e as parcelas testes, com e sem cobertura vegetal.

Os locais dos testes de campo, para obtenção da lâmina de água infiltrada utilizada para o desenvolvimento e calibração do modelo proposto, foram devidamente caracterizados conforme o tipo de manejo de solo e de cultivo adotado na área, (Tabela 3.1). Os testes com o simulador foram realizados em quatro locais no município de Campo Grande, estado de Mato Grosso do Sul, MS, (Latitude 20°27S, Longitude 54°37W e altitude 530 m) e no município de Sinop, estado de Mato Grosso, em sistema de integração lavoura-pecuária na microbacia do rio Caiabi, contribuinte do rio Teles Pires. Na Embrapa Gado de Corte, situada em Campo Grande, MS, o simulador foi utilizado em áreas com sistema de pastejo rotacionado com *Panicum*, em pastagem contínua de

braquiária Decumbense, em sistema de lavoura contínua de soja, em sistema de produção integrado lavoura-pecuária-floresta. Na bacia do córrego Guariroba os ensaios foram realizados em pastagem recuperada com *Brachiaria brizantha* cv. *Piatã* e *Stylosanthes* ssp. vc. e em pastagem tradicional com *braquiária decumbens*.

Tabela 3.1 – Testes de campo utilizados para desenvolver e validar o modelo proposto.

Local dos testes (L)	Nº de Testes	Sistemas de manejo adotado e textura predominante do Solo
Embrapa	CC-SC*	
L1	4 – 4	Pastejo rotacionado e taxa de lotação 100 Kg/ha de Nitrogênio – solo siltoso.
L2	3 – 3	Pastejo rotacionado e taxa de lotação 200 Kg/ha de Nitrogênio – solo siltoso.
L3	2 – 2	Pastejo rotacionado e taxa de lotação 300 Kg/ha de Nitrogênio – solo siltoso.
L4	6 – 6	Sistema de pastejo contínuo – solo siltoso.
L5	7 – 7	Sistema de 4 anos de pastagem seguido por 4 anos de lavoura – solo siltoso.
L6	6 – 6	Sistema de lavoura contínua – solo siltoso.
Guariroba		
L7	4 – 4	Pastagem degradada – solo arenoso.
L8	4 – 4	Pastagem recuperada – solo arenoso.
L9	4 – 4	Pastagem natural, latossolo vermelho distroférico – solo areia argilosa.
L10	4 – 4	Pastagem natural, neossolo quartzarênico – solo arenoso.
Salobra		
L11	3 – 3	Latossolo vermelho escuro – solo arenoso.
L12	3 – 3	Latossolo roxo – solo siltoso.
L13	3 – 3	Neossolo quartzarênico - solo arenoso.
Urbana		
L14	3 – 3	Área urbana, latossolo vermelho escuro, solo silte argiloso.
L15	3 – 3	Área urbana, areias quartzosas – solo arenoso.
L15	3 – 3	Área urbana, latossolo vermelho e amarelo, solo argiloso.
Sinop, MT		
L16	3 – 3	Sistema de pastagem 3º ano, antes do cultivo de soja e milho – solo argiloso.
L17	3 – 3	Sistema de pastagem 1º ano, após 5 anos de cultivo de soja e milho – solo argiloso.
L18	3 – 3	Sistema de soja 1º ano, após 4 anos de pastagem – solo argiloso.

* CC: parcela teste com cobertura vegetal; SC: parcela teste sem cobertura vegetal.

3.3 Modelo Kostiakov-Lewis

Para o desenvolvimento do modelo proposto, tomamos como base o modelo de Kostiakov-Lewis, (Equação 4). O procedimento consistiu em ajustar equações de Kostiakov-Lewis para os testes de infiltração realizados com e sem cobertura vegetal no campo. Também foram utilizados os valores de tempo e as taxas finais de infiltração de água de cada ensaio, obtidas pela média das quatro últimas medições. Considerando a equação de Kostiakov-Lewis para as condições com cobertura vegetal, o tempo e a diferença entre as taxas de infiltração finais, foram realizadas as tentativas de estimar os resultados de taxa de infiltração sem cobertura vegetal. O mesmo foi

realizado para as condições de ausência de cobertura, buscando resultados próximos aos testes com cobertura vegetal. Todos os ajustes foram desenvolvidos por regressão não linear.

$$i = i_f + \alpha kt^{\alpha-1} \quad (4)$$

Onde: i é a taxa de infiltração (mm/h); i_f é a taxa de infiltração final (mm/h); t é o tempo em segundos e α e k são parâmetros de ajuste da equação.

Os resultados das tentativas foram comparados com os dados dos testes de campo e com os resultados das equações de Kostiakov-Lewis. Também utilizamos índices estatísticos para avaliar o nível de ajuste dos resultados em cada tentativa. Após a definição dos fatores que apresentaram os melhores ajustes, definimos o modelo, que denominamos de modelo Conversão. Avaliamos então os valores dos parâmetros de ajuste das equações do modelo Conversão, comparando-os com índices e coeficientes físicos já existentes, na tentativa de encontrar algum que pudesse representá-lo.

3.4 Índices Estatísticos

Os índices estatísticos mais comumente encontrados na literatura foram utilizados para verificar a eficiência dos dois modelos, Conversão e Kostiakov-Lewis, em relação aos dados observados de campo, (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Índices estatísticos utilizados para avaliar o desempenho do modelo.

Índices Estatísticos			
<i>Coeficiente de determinação</i>	$R^2 = \left\{ \frac{N(\sum O_i P_i) - (\sum O_i)(\sum P_i)}{\sqrt{[N \sum O_i^2 - (\sum O_i)^2][N \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2]}} \right\}^2$	<i>Erro padrão de Estimativa</i>	$EPE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n - 1}}$
<i>Coeficiente de massa residual</i>	$CMR = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i}$	<i>Erro Médio Absoluto</i>	$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - P_i }{n}$
<i>Coeficiente de aproveitamento</i>	$CA = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2}$	<i>Razão de desvio padrão de observações</i>	$RSR = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}}$
<i>Eficiência</i>	$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$	<i>Erro de Raiz Quadrada Médio</i>	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}}$
<i>Índice de Eficiência Nash-Sutcliffe</i>	$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \right]$	<i>Erro Quadrado Médio</i>	$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}$
<i>Porcentagem de tendência</i>	$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i) * 100}{\sum_{i=1}^n O_i}$		

O_i - dados observados; P_i - dados estimados pelos respectivos modelos; n - o número de observações, e \bar{O} - média aritmética das observações. R^2 - Coeficiente de determinação; CMR -

Coefficiente de massa residual; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; NSE - Índice de Eficiência Nash-Sutcliffe; PBIAS – Porcentagem de tendência; EPE – Erro padrão de estimativa; MAE – erro médio absoluto; RSR – Razão de desvio padrão de observações; RMSE – Erro de raiz quadrada médio; MSE – Erro quadrado médio.

3.5 Resultados

O modelo proposto é composto por duas equações semelhantes. Uma equação é para converter valores de taxa de infiltração no solo com cobertura em valores sem cobertura do solo, (Equação 5). A outra converte valores de taxa de infiltração no solo sem cobertura em valores com cobertura do solo, (Equação 6). O modelo será denominado daqui para frente de modelo de Conversão.

$$i_{SC} = (2 - 2^{t^{-k}}) \cdot (i_{fCC} - i_{fSC}) + i_{CC} \quad (5)$$

$$i_{CC} = (2 - 2^{t^{-k}}) \cdot (i_{fSC} - i_{fCC}) + i_{SC} \quad (6)$$

Onde: i_{SC} e i_{CC} correspondem às taxas de infiltração sem e com cobertura, respectivamente (mm h^{-1}); i_{fSC} e i_{fCC} as taxas de infiltração finais sem e com cobertura (mm h^{-1}); t é o tempo em minutos, sendo k o parâmetro de ajuste.

Os valores para o parâmetro de ajuste k variaram conforme a textura do solo em valores médios de 0,88 para solos argilosos e siltosos e 0,44 para solos arenosos. Após avaliar alguns índices e coeficientes físicos, verificamos que o valor de k se aproxima do dobro dos valores do Coeficiente de Escoamento Superficial (C).

Correlacionamos os dados obtidos pelos modelos de Kostiakov-Lewis e Conversão, com os dados observados em campo, (Figura 3.2). Dessa forma, foi possível a análise comparativa entre as correlações, tendo por base os dados observados.

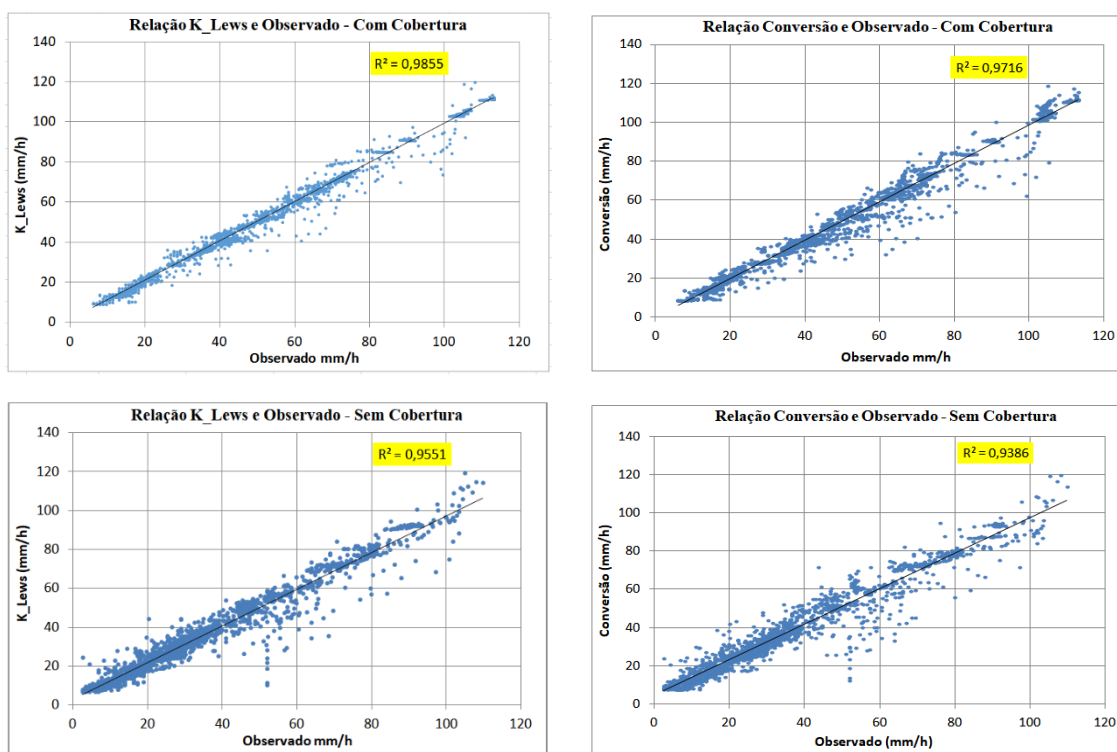


Figura 3.2 - Correlação entre dados obtidos pelas equações Kostiakov-Lewis e pelo Modelo desenvolvido com os dados observados.

Os índices estatísticos de verificação da eficiência dos modelos foram determinados considerando os mesmos números de dados observados, (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Índices estatísticos para verificar a eficiência do modelo Kostiakov-Lewis e do modelo desenvolvido.

Índices	Com Cobertura		Sem Cobertura		Valor Preferencial
	K_Lewis	Conversão	K_Lewis	Conversão	
R²	0,985	0,972	0,955	0,939	1
CA	1,032	0,998	1,070	1,087	1
CMR	-0,011	0,012	-0,025	-0,057	0
EF	0,985	0,971	0,953	0,931	1
PBIAS (%)	4,150	5,524	9,130	12,143	0
RSR	0,122	0,171	0,216	0,263	0
EPE (%)	3,380	4,715	5,159	6,278	0
MAE	2,159	2,874	3,293	4,379	0
MSE	11,420	22,216	26,604	39,397	0
RMSE (mm/h)	3,379	4,713	5,158	6,277	0
NSE	0,985	0,971	0,953	0,931	1

R² - Coeficiente de determinação; CMR – Coeficiente de massa residual; CA – Coeficiente de aproveitamento; EF – Eficiência; NSE - Índice de Eficiência Nash-Sutcliffe; PBIAS – Porcentagem

de tendência; EPE – Erro padrão de estimativa; MAE – erro médio absoluto; RSR – Razão de desvio padrão de observações; RMSE – Erro de raiz quadrada médio; MSE – Erro quadrado médio.

Também foram determinados os valores de R^2 , Coeficiente de Aproveitamento (CA) e Coeficiente de Massa Residual (CMR), para as equações de ajuste dos modelos, em cada teste de campo. Os resultados foram apresentados em gráficos de histogramas de distribuição de frequência, compostos pelos resultados dos modelos Kostiakov-Lewis e Conversão, facilitando, assim, a comparação, (Figura 3.3).

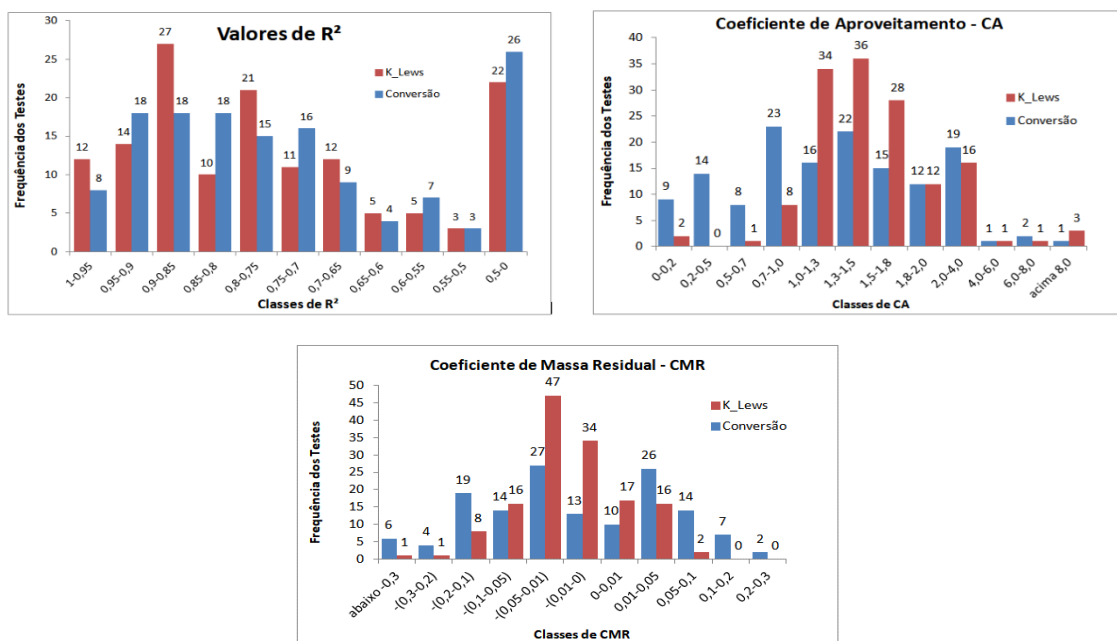


Figura 3.3 – Histogramas de frequência dos valores de R^2 , CA e CMR das equações Kostiakov-Lewis e Conversão.

A frequência acumulada dos resultados dos índices R^2 , CA e CMR foi calculada por faixa, (Tabela 3.4). Os valores obtidos para os modelos Kostiakov-Lewis e Conversão estão apresentados lado a lado.

Tabela 3.4 – Distribuição acumulada dos resultados dos modelos Kostiakov-Lewis e Conversão.

Distribuição Acumulada dos Resultados por Faixa								
Fator R^2	Coeficiente de Aproveitamento - CA		Curva de Distribuição Normal – CMR					
	K_Lewis	Conversão	K_Lewis	Conversão	K_Lewis	Conversão		
0,95	12	8	0,7 - 1,3	42	39	-0,05 a 0,05	114	76
0,90	26	26	0,5 - 1,5	79	69	-0,1 a 0,1	132	104
0,80	63	62	0,2 - 1,8	107	98	-0,2 a 0,2	140	130
0,70	95	93	0 – 2	121	119	-0,3 a 0,3	141	134
abaixo	142	142	< 0 e 2 <	142	142	acima	142	142

Os valores de taxa de infiltração obtidos pelo modelo Conversão ajustaram-se de forma adequada aos valores obtidos pelo modelo de Kostiakov-Lewis e aos dados observados. Isto pode ser verificado pelas curvas de infiltração comparativas, (Figura 3.4).

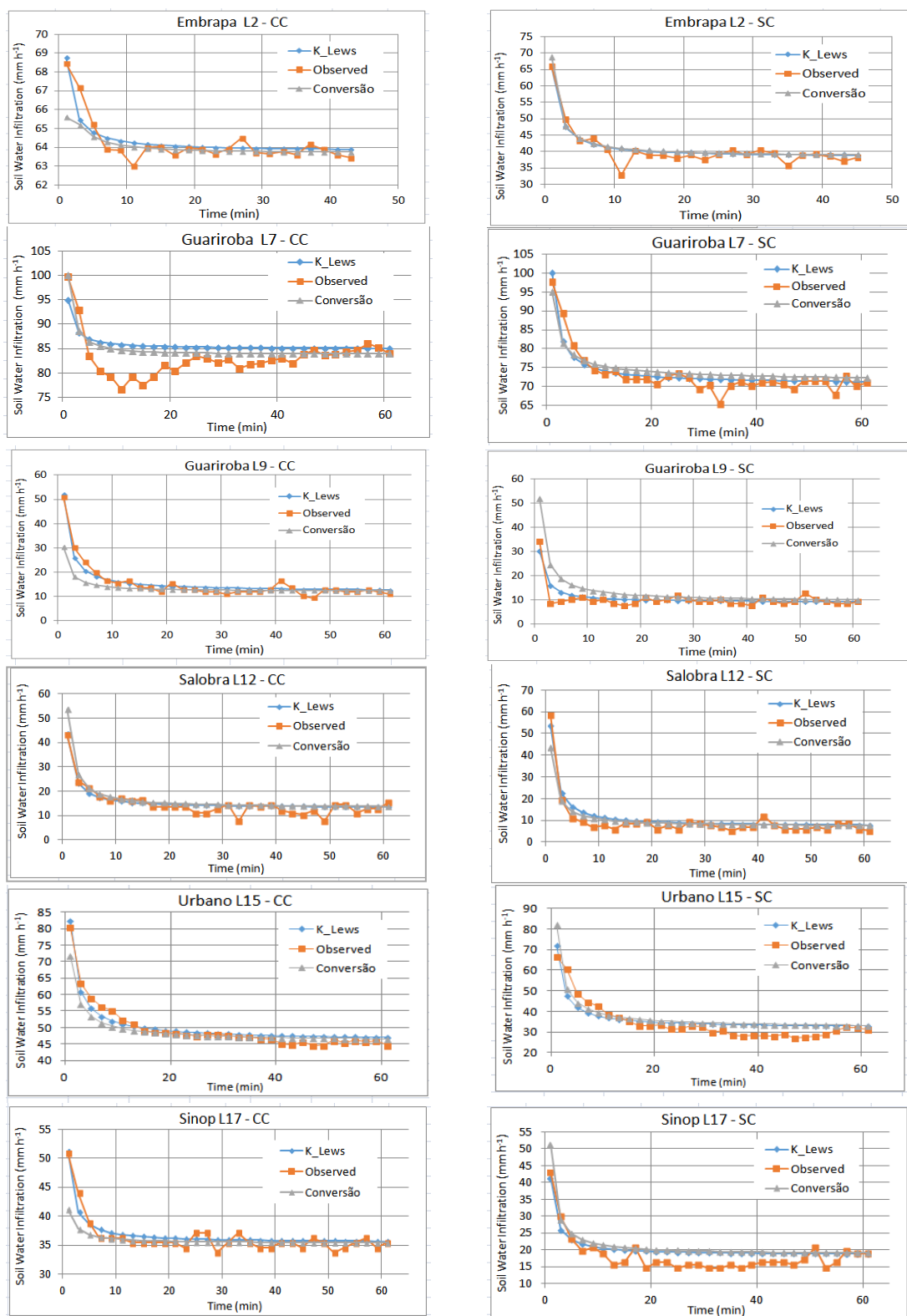


Figura 3.4 - Curvas de infiltração comparativas relativas aos dados de infiltração observados em campo e as curvas resultantes das equações oriundas do modelo de Kostiakov-Lewis e do modelo desenvolvido.

3.6 Discussão

Os resultados dos modelos ajustados aos dados de campo, conforme apresentado na (Figura 3.2), demonstram que os modelos Kostiakov-Lewis e Conversão apresentam dispersão nos resultados, seja oriunda do próprio método, seja devido à metodologia de realização dos testes em campo. É possível visualizar, a partir desses gráficos, que os dados obtidos pela metodologia proposta apresentam dispersões maiores que as observadas pelo modelo Kostiakov-Lewis. Estes gráficos também demonstram que os testes sem cobertura vegetal apresentam variabilidade maior que os com cobertura vegetal.

A maior variabilidade e dispersão nos resultados obtidos pelo modelo Conversão, em comparação com a metodologia Kostiakov-Lewis, também pode ser observada nos diversos índices estatísticos apresentados anteriormente (Tabela 3.3). Esta maior dispersão ocorre devido ao modelo proposto utilizar o modelo Kostiakov-Lewis como base, e desta forma os erros de estimativa do modelo Kostiakov-Lewis são somados aos erros de estimativa do modelo Conversão.

Tanto os gráficos da Figura 3.2 quanto a Tabela 3.3 demonstram que as médias dos valores de R^2 estão acima de 0,9 para todos os casos nos dois modelos em estudo. A diferença entre os resultados do modelo Kostiakov-Lewis e Conversão é de 0,013 e 0,016 para os testes com e sem cobertura vegetal, respectivamente. O gráfico de distribuição de frequência dos valores de R^2 , Figura 3.3, demonstra que o modelo Conversão segue o mesmo padrão de distribuição do modelo Kostiakov-Lewis, com maiores concentrações de resultados entre R^2 de 0,95 e 0,75, o que demonstra similaridade de desempenho dos dois modelos.

Na tabela de distribuição acumulada de frequência, Tabela 3.4, observamos que a primeira classe, R^2 entre 1 e 0,95, é a que apresenta maior diferença entre os dois modelos, com 4 unidades a mais em favor do modelo Kostiakov-Lewis. Esta diferença demonstra maior acurácia do modelo Kostiakov-Lewis. Por outro lado, nas demais classes, com R^2 inferiores a 0,95, a quantidade de testes para os dois modelos é próxima. Os testes que resultaram em baixos valores de R^2 para o modelo Kostiakov-Lewis, também apresentaram baixos valores para o modelo Conversão.

Almeida *et al.* (2018) também utilizaram o modelo Kostiakov-Lewis em estudo de taxa de infiltração de água, com uso de simulador de chuva, em plantações de soja e pastagens. Os autores obtiveram resultados de R entre 0,74 e 0,93; e entre 0,86 e 0,96 para os casos sem e com cobertura vegetal, respectivamente. Em termos de R^2 , os valores estarão entre 0,55 e 0,86 para solo exposto e 0,74 e 0,92 para solo *com* plantação de soja. Os mesmos autores obtiveram valores de R entre

0,23 e 0,77 para o caso de pastagem, resultando em R^2 de 0,05 a 0,60. Os valores apresentados de R^2 para os modelos Kostiakov-Lewis e Conversão estão próximos aos apresentados pelo autor citado.

Quanto aos valores de CA apresentados na (Tabela 3.3), observamos que para o caso com cobertura vegetal, o modelo Conversão apresentou um valor de 0,998, mais próximo da unidade, que é o valor preferencial, do que o modelo Kostiakov-Lewis com 1,032. Isto demonstra o potencial do modelo Conversão em alcançar bom nível de eficiência. Para os valores sem cobertura vegetal, o modelo Conversão apresenta menor eficiência do que o modelo Kostiakov-Lewis.

No gráfico de distribuição de frequência do índice CA, Figura 3.3, observamos que os resultados do modelo Conversão apresentam maior dispersão, em comparação ao modelo Kostiakov-Lewis. As diferenças de distribuição entre os modelos ficam evidentes quando comparamos os histogramas nas duas primeiras classes, valores de CA entre 0 e 0,5. Nesta classe, o modelo Conversão apresenta 23 unidades e o Kostiakov-Lewis apenas duas.

Apesar das diferenças entre os modelos na distribuição do índice CA, a tabela de distribuição de frequências acumuladas, (Tabela 3.4), apresenta pequena diferença entre os modelos, especialmente para a classe 0,7-1,3, com diferença de apenas quatro unidades. Esta pequena diferença entre os modelos, na primeira classe, aponta para o potencial do modelo proposto em estimar os valores de taxa de infiltração. A primeira classe é a mais próxima do valor preferencial que é a unidade. Panachuki *et al.* (2006), que também avaliaram o modelo Kostiakov-Lewis através de testes de campo com simulador de chuva, obtiveram valores de CA entre 1,27 e 2,35, o que confirma que os resultados do modelo Conversão é compatível com o padrão apresentado em outros estudos.

Os valores negativos de CRM, Tabela 3.3, indicam que o modelo Kostiakov-Lewis superestimou a taxa de infiltração para ambos os casos, com e sem cobertura vegetal. Quanto ao modelo Conversão, os valores de CRM de 0,012 e -0,057 indicam a subestimativa e a superestimativa para os casos sem e com cobertura, respectivamente. Os valores de -0,011 e 0,012 para testes com cobertura são equidistantes do valor desejável, que é zero, demonstrando que os dois modelos apresentam equivalente eficiência neste caso. Para os testes sem cobertura vegetal, os resultados de -0,025 e -0,057 demonstram menor eficiência do modelo Conversão.

Observamos dispersão maior do índice CMR para o modelo Conversão, quando comparado com os dados do modelo Kostiakov-Lewis. Esta dispersão pode ser visualizada nos gráficos de

histograma de frequências e na tabela de frequências acumuladas. Porém, se considerarmos os valores entre -0,2 e 0,2, terceira classe de CMR (Tabela 3.4), percebemos que estão englobados mais de 90% dos resultados do modelo Conversão e 98% dos referentes ao modelo Kostiakov-Lewis. Estas porcentagens demonstram que o modelo Conversão não se afasta muito do modelo Kostiakov-Lewis. Carvalho *et al.* (2015) também utilizaram o modelo Kostiakov-Lewis no estudo de infiltração de água em plantações de milho, obtendo valores de CRM entre -0,19 e 0,16, correspondendo a mesma faixa em que se encaixa grande parte dos resultados deste estudo.

Os demais coeficientes, EF, PBIAS, RSR, EPE, MAE e MSE, apresentados (Tabela 3.3), exibem resultados compatíveis com os já observados, confirmando que o modelo Kostiakov-Lewis é mais eficiente que o Conversão e que no caso com cobertura vegetal os modelos são mais eficientes que no caso da ausência de cobertura. Também confirmam que a diferença de eficiência não é muita e o modelo proposto permanece na faixa aceitável de eficiência.

Almeida *et al.* (2018) obtiveram os valores de RMSE entre 2,89 mm/h e 5,85 mm/h em solo sem cobertura. Para plantação de soja, o autor obteve RMSE entre 3,62 mm/h e 7,27 mm/h. Segundo os mesmos autores, para pastagens os valores de RMSE ficaram entre 5,20 mm/h e 13,62 mm/h. Zakwan (2018) avaliou seis modelos de determinação de taxas de infiltração, obtendo como resultado valores de RMSE entre 2 mm/h a resultados superiores a 30 mm/h. Os resultados encontrados pelos citados autores confirmam que o modelo Conversão apresentou níveis aceitáveis de valores de RMSE, conforme apresentado na (Tabela 3.3).

Em relação ao NSE, Almeida *et al.* (2018) apresentaram valores entre 0,59 e 0,92 para solo sem cobertura, valores entre 0,54 e 0,86 para plantação de soja e entre 0,05 e 0,82 para pastagem. Os autores consideraram os modelos adequados, levando em consideração os fatores de NSE e RMSE obtidos. Os valores de NSE obtidos para os modelos Kostiakov-Lewis e Conversão, Tabela 3.3, estão compatíveis e até indicando maior eficiência, quando comparados com os apresentados pelo autor citado.

Duan *et al.* (2011) que estudaram a eficiência de cinco modelos de infiltração de água em solo, em parcelas com gramados, apresentaram resultados de EF em porcentagem, com valores entre 92 e 99%. O índice de eficiência EF (Tabela 3.3), ao serem convertidos para porcentagem, terão valores entre 98,5% e 97,1% para situação com cobertura vegetal e entre 95,3% e 93,1% para situação sem cobertura vegetal. Os valores encontrados pelos autores também confirmam o mesmo nível de eficiência para os modelos Kostiakov-Lewis e Conversão apresentado neste estudo.

Em relação aos gráficos contendo dois testes de cada campanha, (Figura 3.4), a priori, demonstram não haver influência do tipo de sistema de plantio ou do tipo de cultura, na eficiência do modelo Conversão, podendo ser adotado em todos os casos. O modelo Conversão apresenta o melhor resultado para curvas de infiltração bem definidas, que estejam dentro do padrão normalmente esperado. Podemos observar que o modelo Conversão apresenta curvas de infiltração próximas dos dados observados e do modelo Kostiakov-Lewis, com exceção do primeiro ponto de determinação, tempo de 1 minuto. Isto acontece porque o primeiro fator da equação zera neste tempo, impossibilitando a conversão. Portanto, consideramos que o primeiro ponto deve ser utilizado com cautela.

Quanto ao coeficiente de escoamento superficial, podemos considerar que há potencial de representar o parâmetro de ajuste k do modelo Conversão, quando majorado de duas vezes. Os valores de 0,88 e 0,44 de k obtidos para os solos argilosos/siltosos e arenosos, respectivamente, estão na média dos valores encontrados na literatura para coeficiente de escoamento superficial. Segundo Rodrigues *et al.* (2017) os coeficientes de escoamento superficial para pastagens e terras cultivadas em solo arenoso são de 0,1 e 0,3, respectivamente. Para solos argilosos os valores são de 0,4 e 0,6 para pastagem e terras cultivadas, respectivamente.

3.7 Conclusão

O modelo Conversão desenvolvido tem capacidade para estimar taxas de infiltração de água em solo com cobertura vegetal, tomando por base equações Kostiakov-Lewis sem cobertura vegetal. O modelo também apresenta capacidade de estimar taxas de infiltração em solo sem cobertura vegetal, a partir de equações oriundas do modelo Kostiakov-Lewis para solo com cobertura vegetal. Assim, o modelo Conversão pode ser utilizado em diversos tipos de sistema de plantio e de cobertura vegetal.

O modelo tem menor eficiência em prever os valores de taxas de infiltração, quando comparado com modelo Kostiakov-Lewis. Porém os índices estatísticos demonstram que o modelo Conversão apresenta comportamento aceitável, compatíveis com modelos já consagrados, apresentados na literatura. O modelo proposto possui melhor precisão em estimar a taxa de infiltração de água em solos com cobertura do que sem cobertura vegetal. O parâmetro de ajuste das equações do modelo Conversão demonstrou corresponder ao dobro do Coeficiente de Escoamento Superficial (C).

4 REFERÊNCIAS

- Almeida, W. S.; Panachuki, E.; Oliveira, P. T. S.; Silva Menezes, R.; Alves Sobrinho, T.; Carvalho, D. F., 2017. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil and Tillage Research*, v. 175, February 2017, p. 130–138.
- Almeida, M. C. D. J.; Castro, P. A. L.; Santos, G. O., 2020. Taxa de infiltração de água no solo em diferentes usos do solo. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*. V.8, n.2, p. 115-121.
- Alvarenga, C. A. F.; Euclides, V. P. B.; Montagner, D. B.; Sbrissia, A. F.; Barbosa, R. A.; Araújo, A. R. 2020. Animal performance and sward characteristics of Mombaça guineagrass pastures subjected to two grazing frequencies. *Tropical Grasslands-Forrajões Tropicales*. 8(1): 1-10.
- Alvarez, R. & Steinbach, H. S., 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research*, v.104, p. 1–15.
- Alves Sobrinho, T.; Vitorino, A.C.T.; Souza, L.C.F.; Gonçalves, M.C.; Carvalho, D.F., 2003. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 2, p. 191-196.
- Alves Sobrinho, T., Gómez-Macpherson, H., Gómez, J.A., 2008. A portable integrated rainfall and overland flow simulator. *Soil Use and Management* 24, 163–170.
- Assouline S., 2013. Infiltration into soils: Conceptual approaches and solutions. *Water Resources Research* Impresso. v. 49:p. 1-18.
- Carvalho, D. F.; Eduardo, E. N.; Almeida, W. S.; Santos, L. A. F.; Alves Sobrinho, T., 2015. Water erosion and soil water infiltration in different stages of corn development and tillage systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, p. 1072–1078.
- Castellini, M.; Fornaro, F.; Garofalo, P.; Giglio, L.; Rinaldi, M.; Ventrella, D.; Vitti, C.; Vonella, A. V., 2019. Effects of no-tillage and conventional tillage on physical and hydraulic properties of fine textured soils under winter wheat. *Water (Switzerland)*, v. 11, n. 3.
- Cogo, N. P.; Moldenhauer, W. C.; Foster, G. R., 1984. Soil loss reductions from conservation tillage practices. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 48, p. 368-373.
- Dechen, S. C. F. et al., 2015. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia*, v. 74, n. 2, p. 224–233.
- Duan, R., Fedler, C. B., & Borrelli, J., 2011. Field evaluation of infiltration models in lawn soils. *Irrigation Science*, v. 29, n. 5, p. 379–389.
- Embrapa, 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 3ed. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Brasília. (353p).
- Embrapa, 2017. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo, 3rd ed. pp. 573 Ver. Brasília, DF. ISBN 978-85-7035-771-7.
- FAO. 2016. Brasil será um dos maiores exportadores de alimentos, prevê FAO. [online] Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/436508/>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

- Gomez, J., Alves Sobrinho, T., Giraldez, J. & Fereres, E., 2009. Soil management effects on runoff, erosion and soil properties in an olive grove of Southern Spain. *Soil and Tillage Research*, v.102, p. 5–13.
- Gurgel, A.L.C., 2019. Interação solo-planta-animal em pastos de capim-mombaça sob efeito residual do nitrogênio. Univ. Fed. do Rio Gd. do Norte, Esc. Agrícola Jundiaí, Programa Pós-Graduação em Produção Animal.
- Jirku, V., Kodesová, R., Nikodem, A., Muhlhanelová, M. & Žigová, A., 2013. Temporal variability of structure and hydraulic properties of topsoil of three soil types. *Geoderma*, v. 204–205, p. 43–58.
- Logsdon, S. D.; Jordahl, J. L.; Karlen, D. L., 1993. Tillage and crop effects on ponded and tension infiltration rates. *Soil and Tillage Research*, v. 28, n. 2, p. 179-189.
- Mirzaee, S. et al., 2014. Evaluation of infiltration models with different numbers of fitting parameters in different soil texture classes. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 60, n. 5, p. 681-693.
- Oliveira, D. B. C.; Soares, W. A.; Holanda, M. A. C. R., 2018. Análise de Desempenho de Modelos de Infiltração Unidimensional de Água no Solo. *Águas Subterrâneas*, v. 32, n. 1, p. 35-42.
- Paixão, F. J. R. et al., 2009. Ajuste da curva de infiltração por meio de diferentes modelos empíricos. *Pesquisa aplicada & Agrotecnologia*, v. 2, n. 1, p. 5.
- Panachuki, E.; Alves Sobrinho, T.; Vitorino, A. C. T.; Carvalho, D. F.; Urchei, M. A., 2006. Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 28, n. 1, p. 129–137.
- Panachuki, E.; Bertol, I.; Alves Sobrinho, T.; Oliveira, P. T. S.; Rodrigues, D. B. B., 2011. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso)*, v. 35, p. 1777-1786.
- Panachuki, E., Bertol, I.; Alves Sobrinho, T.; Oliveira, P.T.S.; Rodrigues, D.B.B., 2015. Effect of soil tillage and plant residue on surface roughness of na oxisol under simulated rain. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 268-278.
- Rahman, S. M.; Islam, A., 1989. Effects of tillage depth on infiltration characteristics of two bangladesh soil having ploughpans. *Soil and Tillage Research*, v. 13, n. 4, p. 407-412.
- Santos, M.A.N.; Panachuki, E.; Alves Sobrinho, T.; Oliveira, P. T. S.; Rodrigues, D. B. B., 2014. Water infiltration in an ultisol after cultivation of common bean. *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso)*, v. 38, p. 1612-1620.
- Santos, J. Y. G.; Santos, C. A. G. S., Silva, R. M. S., 2012. Perdas de Água e Solo Utilizando Chuva Simulada em Diferentes Coberturas Superficiais e Condições de Umidade no Semiárido Paraibano, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 17 n.4*, 217-228.
- Santos, T. E. M.; Souza, E. R.; Montenegro, A. A. A., 2016. Modeling of soil water infiltration with rainfall simulator in different agricultural systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, p. 513-518.

- Sone, J. S.; Oliveira, P. T. S.; Euclides, V. P. B.; Montagner, D. B.; Araujo, A. R.; Zamboni, P. A.; Vieira, N. O. M.; Carvalho, G. A.; Alves Sobrinho, T., 2020. Effects of Nitrogen fertilisation and stocking rates on soil erosion and water infiltration in a Brazilian Cerrado farm. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. p. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107159>.
- Thierfelder C.; Edgar A. C.; Karl S., 2005. Effects of intensifying organic manuring and tillage practices on penetration resistance and infiltration rate. *Soil and Tillage Research*, v. 82, n. 2, p. 211-226.
- Tomasini, B. A.; Vitorino, A. C. T. ; Garbiate, M. V. ; Souza, C. M. A.; Alves Sobrinho, T., 2010. Infiltração de água no solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sob diferentes sistemas de colheita e modelos de ajustes de equações de infiltração. *Engenharia Agrícola (Impresso)*, v. 30, p. 1060-1070.
- Valim, W. C.; Panachuki, E.; Pavei, D. S. ; Alves Sobrinho, T., 2016. Effect of sugarcane waste in the control of interrill erosion. *Semina. Ciências Agrárias (Online)*, v. 37, p. 1155-1164.
- Viana, P. C.; Lima, J. G. A.; Alves, A. S.; Lima, R. M. de S.; Medeiros J. F.; Pereira M. M., 2015. Determinação da Velocidade de Infiltração de Água no Solo em Sistema de Plantio Direto e Convencional. XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, UFS - São Cristóvão/SE.
- Wang, C.; Mao, X.; Hatano, R., 2014. Modeling Pondered Infiltration in Fine Textured Soils with Coarse Interlayer. *Soil Science Society of America Journal*, v. 78, n. 3, p. 745-753.
- Williams, J. D. & Wuest, S. B., 2011. Tillage and no-tillage conservation effectiveness in the intermediate precipitation zone of the inland Pacific Northwest, United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.66, p. 242–249.
- Zakwan, M., 2018. Comparative analysis of the novel infiltration model with other infiltration models. *Water and Environment Journal*, n. 2003, p. 1–13.

ANEXO

Valores de Taxa de infiltração (mm/h) em Testes Realizados na Embrapa Gado de Corte – Campo Grande/MS

Tabela 1 – Taxa de infiltração (mm/h) em Sistema Rotacionado N-100, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	N-100						Média (mm/h)
	2 CC (mm/h)	5 CC (mm/h)	44 CC (mm/h)	47 CC (mm/h)	29 CC (mm/h)	26 CC (mm/h)	
0	76,68	70,35	85,05	87,16	72,86	91,26	79,81
2	76,68	68,80	84,20	81,33	69,60	85,77	77,75
4	76,51	67,60	81,80	74,81	79,37	82,00	75,18
6	76,34	66,75	80,60	73,96	79,37	83,20	74,41
8	76,34	66,75	79,05	74,30	79,54	82,00	74,11
10	76,34	66,58	77,00	73,44	80,57	81,31	73,34
12	76,17	66,06	76,14	74,13	78,17	77,71	73,12
14	76,34	66,58	75,28	73,44	79,71	74,29	72,91
16	76,34	66,06	74,77	73,10	80,40	66,14	72,57
18	76,17	66,06	72,71	71,64	80,06	62,71	71,65
20	76,00	66,23	72,88	71,64	81,26	64,43	71,69
22	76,17	66,40	73,57	72,76	80,57	57,57	72,22
24	76,00	66,40	73,57	73,61	83,14	61,43	72,40
26	76,17	66,23	72,88	74,13	84,86	61,43	72,35
28	76,17	66,06	73,22	75,33	82,11	61,86	72,70
30	76,34	66,58	72,88	74,64	83,66	61,00	72,61
32	76,17	66,06	73,05	72,76	83,14	60,14	72,01
34	76,34	65,55	72,37	72,07	83,49	61,00	71,58
36	76,00	66,06	73,05	72,76	83,83	63,57	71,97
38	76,34	65,55	73,22	72,41	84,00	63,57	71,88
40	76,34	65,55	74,77	71,64	82,63	61,43	72,06
42	76,00	65,55	70,48	72,07	82,63	62,29	71,50
44		65,55	69,45	72,24	83,83	62,71	70,76
46		65,55	70,65	71,90	85,20	59,71	70,60
48		65,55	69,28	71,21	84,51	58,00	69,71
50			70,48		84,34	55,94	70,26
52			68,85		84,69	52,34	68,63
54			68,68		84,34	56,11	69,71
56			66,71		85,03	56,11	69,28
58			66,71		85,54	55,94	69,40
60			67,14		86,57	57,14	70,28

Tabela 2 – Sistema Rotacionado N-100, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	N 100						Média (mm/h)
	2 SC (mm/h)	5 SC (mm/h)	44 SC (mm/h)	47 SC (mm/h)	29 SC (mm/h)	26 SC (mm/h)	
0	74,28	63,75	81,62	77,21	85,37	92,11	78,68
2	73,94	62,29	65,42	65,64	76,97	87,83	70,30
4	73,60	59,20	54,28	42,07	80,06	84,06	59,90
6	73,60	58,86	55,14	52,79	42,86	48,57	53,84
8	73,26	57,32	26,42	45,50	63,00	48,57	44,45
10	72,91	54,58	39,28	47,21	54,00	51,14	48,05
12	73,43	52,00	38,85	45,50	58,71	44,29	45,16
14	72,74	47,29	33,28	47,21	60,43	43,43	42,80
16	73,08	41,72	34,14	42,93	57,86	45,14	40,98
18	72,40	37,43	33,28	46,36	56,14	39,14	39,05
20	71,03	37,43	28,14	40,36	60,86	41,29	36,80
22	67,60	34,00	34,14	37,79	60,00	44,29	37,55
24	66,57	31,43	31,14	42,07	60,86	37,43	35,52
26	65,71	35,72	35,85	40,36	60,00	39,14	37,77
28	60,74	35,72	29,00	41,21	61,29	40,86	36,70
30	58,00	34,86	35,85	41,21	55,29	40,00	37,98
32	53,03	35,72	33,28	41,21	61,29	42,57	38,20
34	54,14	33,15	29,85	42,07	59,57	41,71	36,70
36	53,28	28,00	30,71	33,50	60,86	40,00	33,05
38	56,28	33,58	32,42	41,21	60,86	40,86	37,02
40	54,14	30,58	33,28	41,64	53,14	42,57	37,02
42	56,71	32,29	34,14	42,07	60,86	43,43	37,98
44	55,86	30,58	32,42	41,64	59,14	40,86	36,38
46	56,71	33,15	32,42	41,21	57,43	45,14	44,35
48	57,57	34,00	33,28	41,21	61,29	42,57	44,99
50	57,14	31,43			63,86	40,00	48,11
52	52,43	33,15			59,57	41,71	46,72
54	56,71	33,58			61,29	42,57	48,54
56	56,28	32,29					44,29
58	56,28	31,86					44,07
60	58,00	32,72					45,36

Tabela 3 – Sistema Rotacionado N-200, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	N-200						Média (mm/h)
	53 CC (mm/h)	50 CC (mm/h)	20 CC (mm/h)	23 CC (mm/h)	8 CC (mm/h)	11 CC (mm/h)	
0	72,19	62,05	71,71	48,14	63,46	72,83	70,05
2	72,36	56,40	71,20	27,14	63,29	72,66	69,88
4	72,02	52,28	66,40	23,29	63,12	72,32	68,46
6	71,67	51,94	61,60	20,29	61,57	72,66	66,88
8	70,82	51,08	62,45	20,71	62,26	72,66	67,05
10	71,16	51,25	59,03	19,43	61,23	72,32	65,93
12	71,67	51,42	61,60	19,00	62,77	72,49	67,13
14	72,19	51,25	60,91	20,29	63,12	72,66	67,22
16	72,19	51,94	61,60	21,14	62,77	69,40	66,49
18	72,19	51,42	60,91	21,14	63,63	71,63	67,09
20	72,02	50,22	60,91	21,57	64,15	72,32	67,35
22	72,02	51,25	60,05	21,14	63,63	71,29	66,75
24	71,84	51,60	60,74	20,29	65,00	70,43	67,00
26	72,19	52,28	62,45	19,43	65,17	70,43	67,56
28	71,50	52,11	60,57	21,14	64,15	70,26	66,62
30	71,76	51,77	60,40	21,14	63,97	70,43	66,64
32	72,19	52,28	60,57	22,00	64,49	69,40	66,66
34	72,10	51,25	60,23	22,86	65,35	69,06	66,68
36	72,02	52,97	61,43	19,43	65,69	68,72	66,96
38	72,10	51,25	62,28	17,71	65,35	68,54	67,07
40	72,10	50,22	61,77	19,43	65,35	68,54	66,94
42	72,36	51,25	60,23	22,86	65,17	68,20	66,49
44		52,80	61,94	22,00	65,17	67,52	64,88
46			61,94	21,14	65,00	67,34	64,76
48			61,94	22,86	65,00	67,17	64,71
50			61,94	23,71		67,00	64,47
52			60,74	22,86		67,00	63,87
54			61,77	21,14		66,66	64,21
56			61,60	24,57		66,66	64,13
58			61,77	25,43		66,14	63,96
60			63,14	24,57		66,14	64,64

Tabela 4 – Sistema Rotacionado N-200, sem cobertura vegetal.

Momento (min)	N-200						Média (mm/h)
	53 SC (mm/h)	50 SC (mm/h)	20 SC (mm/h)	23 SC (mm/h)	8 SC (mm/h)	11 SC (mm/h)	
0	62,93	61,37	67,43	39,14	71,35	66,49	65,91
2	51,79	58,45	56,63	34,00	38,00	44,29	49,83
4	44,93	47,48	44,71	22,86	38,00	49,00	44,82
6	43,22	42,85	43,43	12,57	38,43	52,00	43,99
8	44,50	36,42	37,00	27,14	36,72	48,57	40,64
10	40,22	30,00	37,00	3,14	35,00	43,00	37,04
12	43,64	36,00	37,00	7,86	34,15	50,29	40,21
14	43,22	28,62	40,00	13,43	34,15	48,14	38,83
16	41,93	29,57	40,85	19,86	32,43	49,43	38,84
18	44,07	29,14	34,85	18,14	33,72	48,14	37,99
20	42,36	31,28	31,00	22,00	35,00	57,14	39,36
22	43,64	30,00	31,43	15,14	35,00	46,86	37,39
24	44,72	31,28	34,85	28,00	35,00	49,43	39,06
26	45,79	32,14	34,85	34,00	38,43	50,72	40,39
28	41,50	28,28	39,14	38,29	35,00	51,57	39,10
30	41,50	29,14	44,28	37,43	36,72	50,29	40,39
32	41,07	30,85	39,14	41,71	38,00	48,14	39,44
34	38,50	29,57	31,43	13,43	30,72	48,14	35,67
36	40,64	29,57	36,57	40,86	35,86	51,14	38,76
38	41,07	30,00	38,28	46,00	35,86	51,14	39,27
40	40,64	30,85	39,14	27,14	35,86	46,00	38,50
42	39,36	30,00	32,28	43,00	36,29	46,86	36,96
44	41,50	31,28	36,14	46,86	36,72	45,14	38,16
46		33,00	38,28	44,29	35,00	47,72	38,50
48		32,14	32,28	14,29	34,15	48,57	36,79
50		36,00	36,57	28,86		46,00	39,52
52		31,71	37,00	16,86		48,57	39,09
54		36,85	31,43	19,86		46,86	38,38
56		37,71	31,43	3,14		49,86	39,66
58		34,28	45,14	16,86		51,57	43,66
60		33,85	40,43	9,14		50,72	41,66

Tabela 5 – Sistema Rotacionado N-300, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	N-300						
	38 CC (mm/h)	41 CC (mm/h)	14 CC (mm/h)	17 CC (mm/h)	32 CC (mm/h)	35 CC (mm/h)	Média (mm/h)
0	89,26	84,38	75,29	74,03	88,03	112,66	82,20
2	89,95	83,70	74,77	73,51	89,06	111,97	82,20
4	90,12	83,18	74,43	73,69	89,57	113,17	82,20
6	90,29	83,18	74,52	73,00	89,75	112,14	82,15
8	90,12	83,10	74,26	73,00	88,20	112,66	81,74
10	90,29	83,87	74,09	72,66	88,72	112,83	81,92
12	89,77	84,55	74,43	72,14	88,46	112,66	81,87
14	89,77	86,44	74,60	72,23	88,37	112,83	82,28
16	89,95	86,27	74,60	72,83	88,72	113,17	82,47
18	89,43	86,10	74,52	73,17	88,63	110,94	82,37
20	89,43	85,75	75,29	72,23	89,23	112,32	82,39
22	89,26	86,27	75,03	73,09	88,20	113,17	82,37
24	89,26	85,93	74,86	73,51	88,89	112,83	82,49
26	88,92	86,61	74,95	73,00	88,72	112,83	82,44
28	88,57	86,44	75,12	72,49	89,40	111,29	82,40
30	88,40	86,61	74,60	71,71	89,57	110,43	82,18
32	88,23	86,27	74,69	71,80	89,57	109,92	82,11
34	88,40	86,95	74,09	71,29	89,92	111,46	82,13
36	88,40	87,30	73,75	70,94	86,32	110,26	81,34
38	88,06	85,93	74,09	71,46	87,00	110,26	81,31
40	88,40	85,58	74,43	71,29	87,17	110,43	81,38
42	88,23	86,44	74,26	71,80	86,66	110,43	81,48
44	88,57	86,27	74,77	71,80	86,83	109,92	81,65
46	88,92	86,10	74,60	71,11	87,00	109,40	81,55
48	89,26	85,75	74,77	70,86	87,69	109,23	81,67
50	89,09		74,86	71,46	87,52	109,57	80,73
52	89,09		74,95	70,26	86,66	108,89	80,24
54	88,75		74,77	71,03	87,26	108,37	80,45
56	89,09		74,60	70,43	87,17	109,06	80,32
58	88,92		73,92	70,94	86,66	108,89	80,11
60	89,26		74,60	71,80	86,83	110,09	80,62

Tabela 6 – Sistema Rotacionado N-300, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	N-300						
	38 SC (mm/h)	41 SC (mm/h)	14 SC (mm/h)	17 SC (mm/h)	32 SC (mm/h)	35 SC (mm/h)	Média (mm/h)
0	89,95	86,27	72,20	71,80	80,15	109,74	80,05
2	86,86	82,50	71,86	66,49	77,40	86,00	76,93
4	82,57	79,75	71,69	65,29	28,72	68,09	74,83
6	78,12	79,07	70,15	62,80	19,29	65,00	72,53
8	70,57	70,07	71,00	58,43	24,43	58,14	67,52
10	66,29	60,64	69,97	56,71	43,29	41,00	63,40
12	55,57	61,93	70,32	58,51	18,43	47,00	61,58
14	63,72	61,93	71,00	57,31	15,00	50,43	63,49
16	65,43	62,35	70,15	53,20	33,86	47,86	62,78
18	62,00	61,07	71,26	56,80	21,43	57,29	62,78
20	66,29	61,07	70,15	56,89	29,57	53,86	63,60
22	63,29	61,50	71,00	56,89	27,00	46,14	63,17
24	62,43	62,35	70,32	57,06	34,72	48,72	63,04
26	64,57	63,21	70,66	57,23	16,72	47,86	63,92
28	57,72	64,07	70,66	56,97	9,86	40,14	62,35
30	61,57	64,93	70,32	56,80	36,43	42,72	63,40
32	60,72	64,50	70,15	57,06	37,29	44,43	63,10
34	58,57	65,35	70,40	56,97	25,29	48,72	62,83
36	62,00	64,07	70,83	57,23	29,57	43,57	63,53
38	62,00	63,21	70,40	57,40	29,57	47,00	63,25
40	62,00	65,35	70,32	57,31	27,86	44,43	63,75
42	62,00	64,93	70,49	57,40	32,57	44,43	63,70
44		65,78	70,49	57,66	9,00		64,64
46		64,93	70,49	57,49	28,72		64,30
48		64,07	70,66	57,31	37,29		64,01
50			70,15	57,57	38,15		63,86
52			68,60	57,31	24,43		62,96
54			69,97	57,40	31,29		63,69
56			69,63	57,57			63,60
58			70,15	57,14			63,64
60			69,63	57,14			63,39

Tabela 7 – Sistema Pastejo Contínuo – PCSA e PCCA, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	PCSA					PCCA				
	25 CC (mm/h)	25 CC (mm/h)	25 CC (mm/h)	25 CC (mm/h)	Média (mm/h)	13 CC (mm/h)	13 CC (mm/h)	13 CC (mm/h)	13 CC (mm/h)	Média (mm/h)
0	70,80	56,60	56,71	67,46	62,89	63,03	69,97	74,00	73,51	70,13
2	70,46	55,91	55,86	65,06	61,82	56,17	65,60	74,34	73,00	67,28
4	68,06	55,23	55,17	63,00	60,36	51,54	61,06	74,00	72,49	64,77
6	55,54	54,71	54,66	61,29	56,55	48,80	60,63	73,83	71,97	63,81
8	46,71	52,83	53,97	59,74	53,31	47,43	59,34	72,80	71,80	62,84
10	40,71	51,63	53,80	59,23	51,34	46,14	57,80	72,63	71,97	62,14
12	36,43	50,26	52,60	58,03	49,33	45,71	57,97	72,97	70,77	61,86
14	33,00	49,74	53,11	58,03	48,47	44,86	58,49	73,49	71,63	62,11
16	32,57	49,57	52,43	58,03	48,15	46,14	56,77	73,91	72,31	62,29
18	30,86	49,74	53,11	57,86	47,89	46,14	56,60	73,31	72,31	62,09
20	29,14	49,40	53,29	57,86	47,42	47,43	57,63	73,49	73,34	62,97
22	27,43	48,37	53,29	57,51	46,65	48,71	55,06	73,31	73,00	62,52
24	28,29	48,71	52,60	57,69	46,82	48,29	55,23	73,66	73,86	62,76
26	29,14	48,20	52,60	57,34	46,82	47,00	53,86	72,46	73,69	61,75
28	29,14	48,89	52,77	57,00	46,95	46,14	50,86	72,63	74,03	60,91
30	29,14	48,71	53,11	57,00	46,99	45,71	49,57	72,80	73,86	60,49
32	29,14	48,89	53,29	57,17	47,12	46,14	55,40	73,66	73,86	62,26
34	28,29	48,89	52,26	57,00	46,61	48,29	54,37	72,97	73,51	62,29
36	28,29	48,89	52,94	57,34	46,86	51,71	54,71	73,49	73,51	63,36
38			52,77		52,77		55,23	73,66		64,44
40			53,63		53,63		52,14	74,00		63,07
42			53,46		53,46		51,71	72,11		61,91
44			53,63		53,63		50,43	74,00		62,21
46			52,77		52,77		51,63	73,66		62,64
48			52,77		52,77		50,00	73,66		61,83
50							51,29			51,29
52							53,00			53,00
54							53,34			53,34

Tabela 8 – Sistema Pastejo Contínuo – PCSA e PCCA, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	PCSA					PCCA				
	25 SC (mm/h)	25 SC (mm/h)	25 SC (mm/h)	25 SC (mm/h)	Média (mm/h)	13 SC (mm/h)	13 SC (mm/h)	13 SC (mm/h)	13 SC (mm/h)	Média (mm/h)
0	70,63	56,26	51,57	72,43	62,72	59,60	43,57	69,37	65,29	59,46
2	67,03	55,57	30,57	65,06	54,56	29,00	38,43	64,06	48,57	45,01
4	63,77	53,69	21,14	63,86	50,61	25,57	39,71	58,91	51,14	43,84
6	57,26	52,14	22,00	60,43	47,96	35,43	39,29	54,29	48,57	44,39
8	45,77	50,94	18,14	36,00	37,71	29,43	36,29	56,17	51,14	43,26
10	2,57	48,20	26,71	25,29	25,69	29,86	30,29	54,97	45,14	40,06
12	8,14	22,14	17,29	25,29	18,21	32,86	35,00	54,80	46,43	42,27
14	13,71	21,71	17,29	26,14	19,71	22,57	31,57	54,46	47,71	39,08
16	4,29	14,43	18,14	21,00	14,46	31,57	34,14	50,26	45,57	40,39
18	17,14	23,00	18,57	25,29	21,00	32,43	35,86	57,37	48,57	43,56
20	11,14	25,57	21,14	23,57	20,36	26,00	36,29	49,57	45,57	39,36
22	8,57	17,86	27,57	29,57	20,89	30,29	35,43	52,14	45,57	40,86
24	10,29	17,00	22,86	26,14	19,07	33,71	36,29	51,71	46,86	42,14
26	9,43	16,57	27,57	24,43	19,50	33,29	35,43	49,14	46,00	40,96
28	6,86	21,29	25,86	29,57	20,89	28,57	38,00	52,14	43,86	40,64
30	10,29	25,57	25,86	27,86	22,39	29,43	38,43	51,29	45,57	41,18
32	11,14	17,00	25,86	30,43	21,11	29,86	37,57	50,00	46,86	41,07
34	11,14	23,86	26,29	28,71	22,50	29,86	38,43	51,71	45,14	41,29
36	12,86	18,29	20,29	24,43	18,96	29,43	39,29	51,71	45,57	41,50
38	19,71	22,14	25,86		22,57		37,57			37,57
40	12,00	17,86	24,57		18,14		35,86			35,86
42	4,29	17,86	21,57		14,57					
44	16,29	28,57			22,43					
46	7,71	16,14			11,93					
48	13,71	18,71			16,21					
50	8,57	17,43			13,00					
52	3,43	22,57			13,00					
54	11,14	18,29			14,71					
56	13,71	23,43			18,57					
58	12,00	19,57			15,79					
60	15,43	23,43			19,43					

Tabela 9 – Sistema Lavoura Pecuária – L1P3, com cobertura vegetal.

L1P3					
Tempo	2 CC	2 CC	2 CC	2 CC	Média CC
(min)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
0	73,69	71,60	70,29	70,57	71,54
2	73,00	71,43	70,29	70,57	71,32
4	73,17	71,26	70,03	70,40	71,21
6	73,17	71,43	70,03	70,23	71,21
8	73,17	71,43	70,29	70,40	71,32
10	73,17	71,26	70,29	70,40	71,28
12	73,51	71,43	69,86	70,40	71,30
14	73,51	71,43	69,86	70,57	71,34
16	73,00	70,74	69,86	70,57	71,04
18	73,00	71,26	70,03	70,57	71,21
20	73,17	71,43	70,03	70,40	71,26
22	73,34	71,26	70,03	70,40	71,26
24	73,34	71,43	70,03	70,40	71,30
26	73,17	71,43	70,03	70,57	71,30
28	73,51	71,43	70,03	70,57	71,39
30	73,86	71,26	70,03	70,57	71,43
32	73,86				73,86
34	73,34				73,34
36	73,00				73,00

Tabela 10 – Sistema Lavoura Pecuária – L1P3, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	L1P3				Média SC (mm/h)
	2-R1 SC (mm/h)	2-R2 SC (mm/h)	2-R3 SC (mm/h)	2-R4 SC (mm/h)	
0	74,54	71,26	70,29	71,09	71,79
2	74,71	71,43	70,29	71,09	71,88
4	74,71	71,43	70,29	71,09	71,88
6	74,03	71,26	70,29	71,09	71,66
8	74,37	71,43	70,29	71,09	71,79
10	74,54	71,26	70,29	71,09	71,79
12	74,71	71,43	70,37	71,09	71,90
14	74,71	71,43	70,37	71,09	71,90
16	74,71	71,09	70,37	71,09	71,81
18	74,71	70,91	70,29	71,09	71,75
20	74,71	70,91	70,37	71,09	71,77
22	74,54	70,74	70,37	71,09	71,69
24	74,71	70,91	70,37	71,09	71,77
26	74,54	71,09	70,37	71,09	71,77
28	74,71	70,91	70,37	71,09	71,77
30	74,71	71,26	70,37	71,09	71,86

Tabela 11 – Sistema Lavoura Pecuária – L4P4-F e L4P4, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	L4P4-F					L4P4				
	4 CC (mm/h)	4 CC (mm/h)	4 CC (mm/h)	4 CC (mm/h)	Média (mm/h)	16 CC (mm/h)	16 CC (mm/h)	16 CC (mm/h)	16 CC (mm/h)	Média (mm/h)
0	75,00	77,43	75,74	75,86	76,01	72,43	73,29	72,29	72,23	72,56
2	75,00	77,94	74,37	74,14	75,36	72,77	73,29	72,29	72,06	72,60
4	75,00	78,29	73,86	74,14	75,32	72,94	73,46	72,29	71,54	72,56
6	74,49	78,63	74,03	74,14	75,32	72,94	73,29	72,29	71,71	72,56
8	74,83	78,63	73,86	72,77	75,02	72,60	72,60	72,29	71,71	72,30
10	74,66	78,46	73,86	73,97	75,24	72,60	73,29	72,29	71,54	72,43
12	74,83	78,63	74,03	73,29	75,19	72,60	73,46	72,29	71,54	72,47
14	74,66	78,63	73,86	74,49	75,41	72,60	73,46	72,29	71,37	72,43
16	74,66	78,29	74,03	73,11	75,02	72,60	73,46	72,29	71,37	72,43
18	74,83	78,63	74,03	72,77	75,06	72,60	73,46	72,29	71,54	72,47
20	75,17	78,46	73,86	74,06	75,39	72,60	73,46	72,29	71,20	72,39
22	74,66	78,63	74,03	73,29	75,15	72,43	73,29	72,29	71,20	72,30
24	74,66	78,46	73,86	73,63	75,15	72,60	73,29	72,29	71,20	72,34
26	74,14	78,46	74,37	72,43	74,85	72,60	73,29	72,29	71,20	72,34
28	74,49	78,46	74,37	72,60	74,98	72,60	73,29	72,29	71,03	72,30
30	75,00	78,46	74,03	72,09	74,89	72,60	73,29	72,29	70,86	72,26
32	74,66			72,43	73,54				71,03	71,03
34	74,83			72,77	73,80				71,03	71,03
36	74,66			72,43	73,54				70,34	70,34

Tabela 12 – Sistema Lavoura Pecuária – L4P4-F e L4P4, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	L4P4-F					L4P4				
	4 SC	4 SC	4 SC	4 SC	Média	16 SC	16 SC	16 SC	16 SC	Média
0	72,26	72,80	73,17	73,97	73,05	70,03	68,66	71,51	69,31	69,88
2	69,86	54,29	72,66	69,00	66,45	69,34	68,14	71,34	66,57	68,85
4	71,23	38,86	69,23	64,71	61,01	67,11	67,63	71,34	62,29	67,09
6	68,14	44,43	66,14	63,86	60,64	64,20	67,80	71,34	59,03	65,59
8	69,86	46,14	68,54	62,31	61,71	64,54	67,29	71,34	40,00	60,79
10	67,46	47,86	70,09	60,94	61,59	58,20	67,29	71,34	45,14	60,49
12	69,17	48,29	69,91	60,77	62,04	64,37	67,63	71,00	48,57	62,89
14	67,97	49,57	68,71	60,43	61,67	55,46	67,11	70,83	47,71	60,28
16	66,77	44,00	66,31	59,57	59,16	59,40	67,63	71,00	48,14	61,54
18	69,86	48,71	66,66	60,00	61,31	54,09	67,29	71,00	41,71	58,52
20	69,34	47,43	66,66	59,14	60,64	51,86	67,11	71,00	51,57	60,39
22	70,54	47,43	67,34	59,57	61,22	56,83	67,63	71,00	39,14	58,65
24	65,23	46,14	67,17	58,29	59,21	61,63	66,43	71,00	44,71	60,94
26	69,34	43,57	69,57	57,43	59,98	48,86	67,29	71,00	46,86	58,50
28	70,03	43,14	68,71	55,71	59,40	54,94	66,77	71,00	46,43	59,79
30	65,06	47,43	67,34	49,29	57,28	51,00	67,11	70,66	47,71	59,12
32	67,63	41,43	64,60	49,71	55,84	48,86		70,66	46,00	55,17
34	67,46	44,43	61,86	49,29	55,76	47,14		70,66	45,14	54,31
36	66,77	45,29	66,66	51,00	57,43	50,57		70,66	45,57	55,60
38	69,00		65,63		67,31	47,57				47,57
40	69,51		64,94		67,23	47,14				47,14
42	66,60		65,97		66,29	44,14				44,14

Tabela 13 – Sistema Lavoura Pecuária – P4L4-F e P4L4, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	P4L4-F					P4L4				
	15 CC (mm/h)	15 CC (mm/h)	15 CC (mm/h)	15 CC (mm/h)	Média (mm/h)	3 CC (mm/h)	3 CC (mm/h)	3 CC (mm/h)	3 CC (mm/h)	Média (mm/h)
0	91,83	65,49	69,34	68,06	73,68	65,14	70,20	71,74	78,43	71,38
2	80,34	56,40	65,23	67,54	67,38	64,29	69,00	68,83	73,46	68,89
4	76,40	51,43	60,60	66,86	63,82	63,43	68,14	64,89	71,74	67,05
6	73,74	50,91	59,23	66,17	62,51	61,54	67,63	62,14	71,91	65,81
8	74,00	49,29	57,69	65,14	61,53	41,57	66,94	61,29	71,57	60,34
10	68,43	49,29	56,31	63,26	59,32	38,57	66,43	60,26	71,74	59,25
12	68,00	50,57	55,97	60,51	58,76	25,71	66,26	60,26	73,29	56,38
14	66,71	50,57	56,49	57,77	57,89	29,14	66,09	59,74	74,66	57,41
16	64,57	50,06	57,51	55,03	56,79	27,43	65,57	60,43	74,66	57,02
18	64,57	50,57	54,43	52,80	55,59	26,57	65,57	60,77	75,69	57,15
20	62,43	49,71	54,43	51,09	54,41	26,57	63,86	62,14	75,00	56,89
22	60,29	50,57	55,29	49,71	53,96	27,43	63,00	63,51	76,71	57,66
24	61,14	51,09	55,63	48,86	54,18	28,29	62,49	62,83	75,86	57,36
26	59,43	50,57	54,77	46,97	52,94	25,71	62,14	63,17	76,37	56,85
28	58,14	49,71	54,60	46,29	52,19	24,86	61,11	63,86	76,03	56,46
30	57,71	50,06	54,26	46,71	52,19	26,57	60,60	64,03	76,71	56,98
32	59,43	52,29	54,26	45,86	52,96		60,43	64,71	76,37	67,17
34	57,29	48,86		44,57	50,24		60,43	64,71	76,89	67,34
36	56,43	49,71		44,57	50,24		59,91	65,06	76,20	67,06
38	56,43	49,71		44,57	50,24		59,40	65,06		62,23
40	56,00	48,86		43,71	49,52		58,71	65,23		61,97
42	55,57	49,71		43,29	49,52		59,40	65,74		62,57
44	55,57			44,14	49,86		58,71			58,71
46	54,71			43,29	49,00		58,37			58,37
48	54,71			42,43	48,57		58,20			58,20
50	54,29			42,43	48,36		57,86			57,86
52	53,43			42,00	47,71		58,20			58,20
54	53,43			41,57	47,50		58,20			58,20
56	53,43			41,57	47,50					
58	52,57			40,71	46,64					
60	52,57			40,71	46,64					

Tabela 14 – Sistema Lavoura Pecuária – P4L4-F e P4L4, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	P4L4-F					P4L4				
	15 SC (mm/h)	15 SC (mm/h)	15 SC (mm/h)	15 SC (mm/h)	Média (mm/h)	3 SC (mm/h)	3 SC (mm/h)	3 SC (mm/h)	3 SC (mm/h)	Média (mm/h)
0	76,06	63,43	67,63	63,77	67,72	62,57	62,31	70,71	76,71	68,08
2	45,71	47,14	57,51	60,34	52,68	68,40	49,29	69,51	77,06	66,06
4	21,71	37,71	55,63	55,37	42,61	26,57	39,43	20,14	33,00	29,79
6	16,57	36,86	50,14	44,14	36,93	22,29	35,14	34,71	46,29	34,61
8	18,29	37,29	44,57	19,71	29,96	19,71	27,00	42,43	42,86	33,00
10	20,00	35,57	38,57	35,57	32,43	11,14	31,29	30,77	44,57	29,44
12	24,29	37,71	38,57	33,86	33,61	18,00	32,57	33,86	43,29	31,93
14	38,86	35,14	36,43	29,14	34,89	18,00	33,43	36,00	46,29	33,43
16	18,29	33,86	32,57	26,57	27,82	13,71	33,43	36,00	50,57	33,43
18	25,14	34,71	36,00	27,43	30,82	18,00	28,71	35,57	44,57	31,71
20	20,00	34,71	38,14	26,57	29,86	15,43	34,71	35,14	50,57	33,96
22	23,43	33,86	36,86	27,43	30,39	18,00	32,14	36,43	51,00	34,39
24	22,57	32,57	35,14	22,29	28,14	18,86	31,29	37,71	51,86	34,93
26	21,71	32,14	34,29	27,43	28,89	18,86	28,71	38,57	44,57	32,68
28	24,29	34,29	35,57	24,00	29,54	18,00	32,14	37,29	47,57	33,75
30	19,14	32,14	33,86	25,71	27,71	18,00	30,43	38,14	47,57	33,54
32	23,43	31,71	33,43	27,43	29,00		33,00	42,00	49,29	41,43
34	22,57	37,29	38,14	27,43	31,36		32,14	36,86	48,43	39,14
36	20,86	33,00	38,57	24,86	29,32		31,29	38,14	48,86	39,43
38	24,29	32,57	37,71		31,52					
40	22,57	33,00	38,14		31,24					
42	21,71	33,00	38,57		31,10					

Tabela 15 – Sistema Lavoura Contínua – LCPD e LCCS, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	LCPD					LCCS				
	7 CC (mm/h)	7 CC (mm/h)	7 CC (mm/h)	7 CC (mm/h)	Média (mm/h)	6 CC (mm/h)	6 CC (mm/h)	6 CC (mm/h)	6 CC (mm/h)	Média (mm/h)
0	73,37	77,91	75,54	76,69	75,88	71,94	65,20	71,37	69,50	69,50
2	72,34	76,89	75,54	76,69	75,36	71,43	59,71	70,69	62,13	65,99
4	71,49	76,37	75,54	76,69	75,02	71,09	54,57	69,83	56,81	63,08
6	71,49	76,03	75,54	76,69	74,94	70,91	51,31	69,14	52,87	61,06
8	70,97	76,03	75,71	76,69	74,85	70,91	50,46	67,94	51,16	60,12
10	70,80	76,20	75,54	76,34	74,72	70,91	48,91	67,60	50,47	59,48
12	70,46	75,86	75,54	76,51	74,59	70,91	48,06	66,57	49,96	58,88
14	70,63	75,86	75,54	76,51	74,64	70,57	47,37	66,40	49,44	58,45
16	69,26	75,86	75,54	76,69	74,34	70,57	47,37	65,89	49,10	58,23
18	69,43	75,51	75,54	76,69	74,29	70,57	47,37	65,71	48,93	58,15
20	69,26	75,34	75,20	76,86	74,16	70,57	47,37	65,37	48,07	57,85
22	69,43	75,51	75,37	76,51	74,21	70,57	46,17	64,69	48,07	57,38
24	68,74	75,51	75,37	76,69	74,08	70,40	44,29	64,69	47,21	56,65
26	68,23	75,51	75,20	76,69	73,91	70,57	44,97	64,17	46,36	56,52
28	67,71	75,51	75,20	76,69	73,78	70,57	44,29	64,17	46,19	56,30
30	67,71	75,51	75,37	76,69	73,82	70,57	45,66	63,49	45,33	56,26
32	67,71				67,71		44,29	63,49	45,16	50,98
34	67,37				67,37		44,97	63,66	44,47	51,03
36	67,71				67,71		44,63	63,49	45,84	51,32
38	67,54				67,54				46,70	46,70
40	67,37				67,37				43,44	43,44
42	67,37				67,37				43,96	43,96
44									44,47	44,47
46									44,64	44,64
48									44,13	44,13

Tabela 16 – Sistema Lavoura Contínua – LCPD e LCCS, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	LCPD					LCCS				
	7 SC (mm/h)	7 SC (mm/h)	7 SC (mm/h)	7 SC (mm/h)	Média (mm/h)	6 SC (mm/h)	6 SC (mm/h)	6 SC (mm/h)	6 SC (mm/h)	Média (mm/h)
0	69,43	77,06	73,31	74,80	73,65	69,54	59,71	68,80	64,87	65,73
2	65,83	75,34	72,29	74,80	72,06	65,26	47,20	64,17	58,36	58,75
4	63,94	72,94	70,40	74,97	70,56	59,09	36,91	60,57	42,41	49,75
6	63,09	69,34	71,09	73,26	69,19	41,43	34,86	58,51	35,21	42,50
8	63,43	66,09	70,40	72,40	68,08	36,71	28,86	57,14	36,93	39,91
10	61,03	61,80	70,91	71,54	66,32	42,71	36,57	57,14	32,64	42,27
12	61,20	65,91	66,63	70,34	66,02	32,43	36,57	57,14	31,79	39,48
14	62,06	65,06	69,71	69,49	66,58	38,86	28,86	57,31	36,07	40,28
16	63,43	65,40	65,43	68,29	65,64	37,57	36,57	55,94	34,36	41,11
18	61,71	63,51	68,17	67,94	65,34	41,00	39,14	56,46	33,50	42,53
20	61,54	63,00	70,57	66,23	65,34	37,57	55,43	56,63	32,64	45,57
22	61,37	57,34	68,34	65,71	63,19	39,29	38,29	56,80	33,50	41,97
24	60,69	56,49	67,83	64,00	62,25	38,00	41,71	56,63	34,36	42,68
26	60,86	57,00	68,34	63,49	62,42	38,86	41,71	55,94	34,36	42,72
28	60,34	56,31	68,17	61,26	61,52	39,29	43,43	55,94	35,21	43,47
30	58,46	57,51	68,17	60,40	61,14	39,29	46,00	56,29	34,36	43,98
32	61,37			60,57	60,97		40,00			40,00
34	58,80			60,91	59,86		41,71			41,71
36	60,34			60,57	60,46		40,00			40,00

Tabela 17 – Vegetação Natural - Cerrado, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	Cerrado				Média (mm/h)
	1 CC (mm/h)	1 CC (mm/h)	1 CC (mm/h)	1 CC (mm/h)	
0	74,61	72,26	74,79	67,23	72,22
2	74,44	71,91	74,79	66,89	72,01
4	74,44	71,91	74,61	66,71	71,92
6	74,27	71,91	74,61	67,06	71,96
8	74,27	71,74	74,61	67,23	71,96
10	74,27	71,74	74,61	67,23	71,96
12	74,10	71,74	74,61	67,06	71,88
14	74,27	71,74	74,79	66,89	71,92
16	74,10	71,40	74,79	67,06	71,84
18	74,10	71,40	74,96	67,23	71,92
20	74,10	71,57	74,96	67,23	71,96
22	73,93	71,40	74,96	67,40	71,92
24	73,93	71,57	74,79	67,57	71,96
26	74,10	71,23	74,79	67,57	71,92
28	74,27	71,57	74,79	67,40	72,01
30	74,10	71,74	74,79	67,23	71,96

Tabela 18 – Vegetação Natural - Cerrado, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	Cerrado				Média (mm/h)
	1 SC (mm/h)	1 SC (mm/h)	1 SC (mm/h)	1 SC (mm/h)	
0	74,79	72,21	72,21	68,79	72,00
2	74,79	71,19	71,87	65,70	70,89
4	74,61	71,36	71,70	64,16	70,46
6	74,61	71,70	71,19	68,27	71,44
8	74,79	71,36	70,84	68,10	71,27
10	74,79	72,21	71,19	68,44	71,66
12	74,79	71,53	71,19	68,96	71,61
14	74,79	71,19	71,01	70,33	71,83
16	74,79	71,36	70,84	70,84	71,96
18	74,79	71,70	71,01	70,16	71,91
20	74,79	71,96	71,01	69,81	71,89
22	74,79	71,53	70,67	69,99	71,74
24	74,79	71,70	70,67	70,50	71,91
26	74,79	72,21	70,67	71,01	72,17
28	75,21	72,21	70,67	72,39	72,62
30	75,21	71,87	71,01	72,56	72,66
32	75,21			73,24	
34	75,21			73,24	
36	75,21			73,41	
38	75,21				
40	75,21				
42	75,21				

Testes Realizados na Bacia do Córrego Guariroba – Campo Grande/MS

Tabela 19 – Guariroba, com cobertura vegetal.

Tempo	Guariroba CC											
	PD 01	PD 02	PD 03	PD 04	PR 01	PR 02	PR 03	PR 04	EU 01	EU 02	EU 03	EU 04
(min)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
1	85,6	99,7	106,9	104,0	106,8	105,4	106,3	105,9	114,0	112,1	112,5	114,5
3	73,6	92,9	102,6	101,9	105,8	104,3	105,5	105,1	112,9	111,9	111,2	113,9
5	71,0	83,4	99,1	103,2	104,8	102,9	105,1	105,3	112,9	111,9	109,8	113,4
7	68,7	80,3	97,0	103,1	105,3	104,4	105,5	104,9	112,3	110,8	107,1	113,3
9	66,3	79,1	92,6	103,1	103,6	103,6	104,8	105,5	111,7	111,0	105,4	113,1
11	65,9	76,6	90,2	103,4	104,1	103,4	104,8	105,1	111,5	111,0	104,5	113,6
13	67,2	79,2	90,7	103,7	106,1	104,9	105,3	106,1	111,5	111,7	105,8	113,9
15	65,4	77,4	89,0	103,9	105,1	103,9	104,4	106,0	111,9	112,1	106,6	113,8
17	66,3	79,1	89,0	104,1	104,9	104,1	104,4	106,0	111,7	112,2	107,1	113,9
19	66,7	81,5	89,3	104,3	104,8	104,8	104,9	106,1	111,4	112,4	108,4	114,4
21	65,4	80,4	88,7	104,8	104,1	103,7	103,7	106,0	111,7	111,9	107,4	114,3
23	64,6	82,1	88,7	104,1	103,1	103,9	103,7	106,1	111,7	112,2	107,9	114,5
25	65,3	83,4	89,6	103,9	104,3	104,6	104,6	105,9	111,8	111,5	111,0	114,7
27	65,0	83,0	88,8	103,2	103,4	103,1	103,9	106,0	112,6	111,7	108,5	115,0
29	65,4	82,1	87,8	102,9	103,2	103,2	103,7	105,5	111,5	111,7	108,6	115,0
31	68,0	82,7	88,4	101,7	104,7	104,0	104,4	105,5	111,5	112,5	109,1	115,1
33	67,1	80,9	89,9	101,0	103,6	102,9	104,1	105,6	111,5	111,9	109,3	115,3
35	66,7	81,7	89,5	103,1	103,2	103,4	104,1	107,0	112,4	112,2	109,3	115,5
37	68,2	81,9	91,0	103,7	104,1	104,3	104,1	107,0	112,0	112,5	109,4	115,0
39	67,6	82,6	90,2	102,2	103,1	103,2	103,7	107,0	112,2	111,9	109,5	115,0
41	68,9	83,0	90,7	102,9	103,6	102,9	103,7	107,0	112,9	112,7	110,0	115,1
43	68,9	82,0	90,6	102,7	104,5	103,1	104,7	106,1	112,8	112,2	110,3	114,7
45	66,7	83,9	90,5	102,9	103,6	102,7	103,7	106,1	112,2	112,6	110,7	114,8
47	65,9	84,7	91,7	102,7	103,9	102,9	103,7	106,3	112,9	112,4	110,9	115,0
49	66,4	83,6	91,2	101,2	103,7	103,6	104,2	106,1	112,8	112,5	110,9	114,5
51	65,9	83,9	91,2	102,2	104,1	102,5	103,9	106,1	112,7	112,6	110,5	114,5
53	64,1	84,3	91,1	102,5	104,1	102,9	103,6	106,3	112,9	112,1	111,0	114,5
55	65,1	84,6	91,9	103,1	105,2	103,5	104,1	106,0	112,9	112,6	111,0	114,2
57	65,4	86,0	90,2	103,6	103,4	102,4	103,6	106,0	112,6	112,7	111,0	114,6
59	65,0	85,1	89,9	103,1	103,6	102,5	103,2	105,6	113,4	112,1	111,5	115,0
61	63,2	83,9	89,8	103,2	104,2	103,7	104,3	105,7	113,3	112,5	111,5	114,7

PD – Pastagem Degradada; PR – Pastagem Recuperada; EU - Eucalipto Híbrido.

Tabela 20 – Guariroba, sem cobertura vegetal.

Tempo	Guariroba SC											
	PN 01	PN 02	PN 03	PN 04	PR 01	PR 02	PR 03	PR 04	EU 01	EU 02	EU 03	EU 04
(min)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)	(mm/ h)
1	96,5	97,7	101,5	104,3	105,8	104,3	103,7	97,6	113,8	113,9	112,1	114,5
3	68,0	89,4	91,4	99,6	103,2	100,0	103,4	91,1	112,7	113,1	111,5	113,9
5	59,9	80,9	84,7	100,5	84,3	96,2	103,2	87,6	111,7	113,1	110,0	114,1
7	63,7	76,9	85,9	98,0	83,1	95,2	102,7	84,8	111,6	112,2	107,7	114,2
9	61,6	74,4	80,4	95,7	79,1	93,8	101,7	83,9	111,4	112,6	105,7	114,1
11	64,1	73,1	80,4	92,4	77,0	93,3	101,5	82,1	110,5	112,4	103,3	114,6
13	60,5	74,2	80,7	90,5	76,7	92,3	102,0	80,4	111,5	112,5	103,2	114,4
15	61,6	71,9	79,1	91,1	75,3	89,2	101,0	78,3	111,7	112,2	101,4	114,5
17	57,3	71,9	77,9	91,1	71,0	87,3	100,7	78,7	110,9	112,2	101,1	114,8
19	53,8	71,9	80,5	91,4	70,7	87,5	98,3	78,0	110,9	112,7	100,2	115,1
21	53,0	70,6	77,4	90,0	67,1	84,3	95,9	77,4	110,3	112,2	100,6	114,6
23	53,0	72,7	81,3	89,7	73,1	81,3	96,0	75,7	110,9	112,1	100,7	114,8
25	79,1	73,4	79,8	88,7	72,0	81,8	93,1	74,1	110,3	112,5	101,1	114,7
27	51,3	72,3	79,6	90,2	65,0	79,1	93,3	74,9	111,2	111,7	101,4	114,6
29	53,0	69,3	68,9	91,1	71,0	80,0	91,6	74,4	112,1	111,9	101,6	114,8
31	55,1	70,3	78,1	92,0	68,5	75,7	92,0	73,1	110,9	112,1	101,9	115,1
33	53,9	65,4	78,3	92,1	66,3	76,1	90,7	71,9	110,9	111,9	101,4	115,0
35	55,6	70,1	79,6	87,6	71,4	79,6	90,0	69,3	110,7	111,7	101,8	115,0
37	53,3	71,2	81,4	91,7	68,1	79,4	86,9	71,3	111,6	111,8	102,1	115,1
39	56,4	70,1	78,7	90,4	68,4	80,4	90,0	68,0	111,7	112,1	102,3	115,0
41	59,0	71,0	78,3	91,4	71,4	81,7	89,7	68,0	111,7	112,1	102,3	114,3
43	53,2	71,2	79,3	93,3	65,4	80,8	89,3	66,2	111,8	112,4	101,9	114,5
45	52,1	70,6	76,1	91,9	65,9	79,1	87,6	65,4	111,7	112,4	102,1	114,8
47	49,6	69,3	80,4	90,4	64,1	77,9	88,0	66,7	111,9	112,6	103,1	114,8
49	48,6	71,5	68,9	90,0	65,5	80,8	86,1	67,9	111,6	112,6	103,7	114,7
51	47,0	71,4	80,0	91,1	65,4	80,0	86,8	69,3	111,9	112,6	104,0	115,0
53	47,0	71,4	77,4	92,6	64,6	75,3	86,1	68,9	110,9	112,7	103,7	115,1
55	49,7	67,7	73,4	91,8	63,5	76,5	85,4	66,5	110,7	112,9	104,3	114,8
57	49,6	72,7	75,3	90,5	68,9	73,6	83,9	67,6	110,3	112,7	104,9	115,1
59	47,9	70,1	76,1	91,2	63,7	72,7	83,4	68,0	110,9	112,7	105,2	115,1
61	47,8	71,0	75,9	93,5	63,7	77,9	85,0	66,6	111,2	112,8	105,3	115,0

PD – Pastagem Degradada; PR – Pastagem Recuperada; EU - Eucalipto Híbrido.

Testes Realizados na Sub-bacia do Rio Caiabi – Sinop/MT

Tabela 21 – Sinop, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	Sinop - Sub-bacia do Rio Caiabi - CC								
	Tt 1 R1 (mm/h)	Tt 1 R2 (mm/h)	Tt 1 R3 (mm/h)	Tt 2 R1 (mm/h)	Tt 2 R2 (mm/h)	Tt 2 R3 (mm/h)	Tt 3 R1 (mm/h)	Tt 3 R2 (mm/h)	Tt 3 R3 (min)
1	47,1	55,1	46,4	50,9	41,9	51,0	53,5	41,4	54,1
3	46,3	53,4	42,1	44,0	34,2	45,9	51,8	31,1	46,4
5	42,9	51,7	37,9	38,9	29,9	44,1	48,4	21,7	43,8
7	40,3	50,0	37,0	36,3	25,6	41,6	46,6	16,6	42,9
9	41,1	47,4	36,1	36,3	23,1	41,6	44,1	14,9	41,2
11	39,4	44,9	36,1	36,3	22,2	41,6	42,4	15,7	39,5
13	37,7	44,9	36,1	35,4	23,1	39,0	43,2	14,0	37,8
15	36,9	44,9	36,1	35,4	22,2	41,6	42,4	13,1	44,6
17	36,0	44,0	36,1	35,4	21,4	41,6	42,4	13,1	43,8
19	35,1	44,0	37,9	35,4	18,8	42,4	41,5	13,1	42,9
21	35,1	44,0	36,1	35,4	20,5	42,4	40,6	14,9	42,9
23	35,1	43,1	37,0	34,6	23,1	40,7	40,6	14,4	43,8
25	34,3	41,4	37,0	37,1	23,1	41,6	39,8	13,1	42,9
27	34,3	40,6	37,0	37,1	23,1	41,6	38,9	14,0	44,6
29	33,4	43,1	37,0	33,7	21,4	41,6	37,2	14,9	43,8
31	33,4	41,4	37,9	35,4	21,4	41,6	36,8	14,0	41,2
33	32,6	40,6	37,0	37,1	21,4	40,7	36,4	15,7	42,1
35	33,4	42,3	37,0	35,4	21,4	39,9	36,4	15,7	43,8
37	31,7	41,4	37,0	34,6	23,1	37,3	35,5	14,9	46,4
39	32,6	40,6	37,9	34,6	23,9	37,3	36,4	12,3	45,5
41	31,7	40,6	36,1	35,4	23,1	37,3	35,5	12,3	42,9
43	34,3	38,9	35,3	35,4	23,1	37,3	35,5	14,0	42,9
45	31,7	41,4	36,1	34,6	21,4	37,3	36,4	12,3	43,8
47	31,7	36,3	36,1	36,3	21,4	37,3	37,2	8,9	42,9
49	31,7	38,0	34,4	35,4	21,4	36,4	36,4	13,1	41,2
51	31,7	38,9	35,3	33,7	21,4	35,6	35,5	13,1	39,5
53	30,0	38,9	36,1	34,6	23,1	37,3	36,4	12,3	35,2
55	31,7	39,7	36,1	35,4	23,1	35,6	33,8	13,1	32,6
57	32,6	39,7	37,0	36,3	23,1	37,3	35,5	11,4	36,1
59	30,0	39,7	35,3	34,6	22,2	37,3	35,5	13,1	38,6
61	30,0	39,7	37,0	35,4	22,2	39,9	33,8	12,3	37,8

Tt 1 e Tt 2 - Pastagem Rotacionada com Brachiaria Brizanta; Tt 3 - Soja em Cultivo Mínimo.

Tabela 22 – Sinop, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	Sinop - Sub-bacia do Rio Caiabi - SC								
	Tt 1 R1 (mm/h)	Tt 1 R2 (mm/h)	Tt 1 R3 (mm/h)	Tt 2 R1 (mm/h)	Tt 2 R2 (mm/h)	Tt 2 R3 (mm/h)	Tt 3 R1 (mm/h)	Tt 3 R2 (mm/h)	Tt 3 R3 (min)
1	47,1	55,1	46,4	50,9	41,9	51,0	53,5	41,4	54,1
3	46,3	53,4	42,1	44,0	34,2	45,9	51,8	31,1	46,4
5	42,9	51,7	37,9	38,9	29,9	44,1	48,4	21,7	43,8
7	40,3	50,0	37,0	36,3	25,6	41,6	46,6	16,6	42,9
9	41,1	47,4	36,1	36,3	23,1	41,6	44,1	14,9	41,2
11	39,4	44,9	36,1	36,3	22,2	41,6	42,4	15,7	39,5
13	37,7	44,9	36,1	35,4	23,1	39,0	43,2	14,0	37,8
15	36,9	44,9	36,1	35,4	22,2	41,6	42,4	13,1	44,6
17	36,0	44,0	36,1	35,4	21,4	41,6	42,4	13,1	43,8
19	35,1	44,0	37,9	35,4	18,8	42,4	41,5	13,1	42,9
21	35,1	44,0	36,1	35,4	20,5	42,4	40,6	14,9	42,9
23	35,1	43,1	37,0	34,6	23,1	40,7	40,6	14,4	43,8
25	34,3	41,4	37,0	37,1	23,1	41,6	39,8	13,1	42,9
27	34,3	40,6	37,0	37,1	23,1	41,6	38,9	14,0	44,6
29	33,4	43,1	37,0	33,7	21,4	41,6	37,2	14,9	43,8
31	33,4	41,4	37,9	35,4	21,4	41,6	36,8	14,0	41,2
33	32,6	40,6	37,0	37,1	21,4	40,7	36,4	15,7	42,1
35	33,4	42,3	37,0	35,4	21,4	39,9	36,4	15,7	43,8
37	31,7	41,4	37,0	34,6	23,1	37,3	35,5	14,9	46,4
39	32,6	40,6	37,9	34,6	23,9	37,3	36,4	12,3	45,5
41	31,7	40,6	36,1	35,4	23,1	37,3	35,5	12,3	42,9
43	34,3	38,9	35,3	35,4	23,1	37,3	35,5	14,0	42,9
45	31,7	41,4	36,1	34,6	21,4	37,3	36,4	12,3	43,8
47	31,7	36,3	36,1	36,3	21,4	37,3	37,2	8,9	42,9
49	31,7	38,0	34,4	35,4	21,4	36,4	36,4	13,1	41,2
51	31,7	38,9	35,3	33,7	21,4	35,6	35,5	13,1	39,5
53	30,0	38,9	36,1	34,6	23,1	37,3	36,4	12,3	35,2
55	31,7	39,7	36,1	35,4	23,1	35,6	33,8	13,1	32,6
57	32,6	39,7	37,0	36,3	23,1	37,3	35,5	11,4	36,1
59	30,0	39,7	35,3	34,6	22,2	37,3	35,5	13,1	38,6
61	30,0	39,7	37,0	35,4	22,2	39,9	33,8	12,3	37,8

Tt 1 e Tt 2 - Pastagem Rotacionada com Brachiaria Brizanta; Tt 3 - Soja em Cultivo Mínimo.

Testes Realizados na Zona Urbana de Campo Grande – MS

Tabela 23 – Campo Grande, zona urbana, com cobertura vegetal.

Tempo	Campo Grande, Zona Urbana - CC								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(min)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(min)
1	63,0	71,5	85,0	102,0	107,0	81,0	80,5	105,0	108,0
3	60,2	66,5	81,8	98,9	99,3	78,6	63,6	102,8	105,4
5	52,4	47,9	76,4	87,9	72,9	70,8	58,8	102,4	101,8
7	41,9	34,6	72,9	62,9	61,3	66,2	56,4	101,3	96,0
9	33,7	30,3	69,4	58,0	57,4	62,4	55,1	101,2	86,1
11	26,1	27,1	65,9	58,1	54,4	56,6	52,2	100,5	78,0
13	23,9	25,0	59,4	57,3	52,3	51,9	51,1	99,3	75,9
15	24,6	22,7	57,2	58,0	50,6	48,8	49,1	98,8	73,4
17	23,4	22,9	54,9	57,3	47,1	46,5	48,5	97,1	71,1
19	22,3	22,6	54,1	56,6	45,9	45,0	48,5	93,9	70,3
21	21,9	21,1	53,9	58,3	44,9	45,0	48,3	90,9	70,9
23	20,7	21,1	53,6	57,7	44,6	42,5	47,9	87,4	67,7
25	21,0	21,4	52,1	57,9	42,9	41,0	47,3	84,9	66,0
27	20,9	20,2	53,0	58,9	43,7	41,2	48,0	82,4	68,6
29	21,4	20,3	52,1	58,6	44,6	39,7	48,0	82,5	66,9
31	21,6	20,7	52,5	58,6	42,9	40,5	47,6	78,0	66,0
33	21,3	20,3	51,8	57,0	42,6	40,4	47,2	76,8	65,7
35	21,0	20,1	51,7	57,1	42,0	38,8	47,1	75,0	65,1
37	20,1	18,8	52,4	57,9	42,0	38,4	46,7	73,3	63,4
39	20,1	18,7	52,4	57,9	42,3	40,4	46,5	74,0	63,8
41	19,4	19,4	51,1	58,1	41,6	38,6	45,2	73,1	64,7
43	19,3	19,0	51,9	58,4	42,9	38,8	44,9	71,8	65,1
45	19,5	18,2	52,4	61,6	41,4	40,1	45,7	72,3	63,4
47	19,0	18,6	51,7	61,6	39,4	38,0	44,5	70,5	65,1
49	19,4	18,1	51,3	60,1	40,3	37,5	44,7	69,2	64,7
51	19,0	19,0	51,9	58,1	40,5	38,7	46,1	69,7	64,4
53	18,9	19,6	50,6	58,8	40,3	37,5	45,5	69,2	63,4
55	19,4	19,4	50,9	58,6	40,3	38,2	46,1	69,9	61,7
57	19,0	19,6	51,0	58,2	39,9	39,7	45,7	69,7	61,6
59	18,3	18,8	49,4	59,2	40,3	37,5	46,0	69,4	60,9
61	18,3	18,8	50,0	58,1	41,1	37,8	44,6	68,4	60,9

Tabela 24 – Campo Grande, zona urbana, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	Campo Grande, Zona Urbana - SC								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	63,0	71,5	85,0	102,0	107,0	81,0	66,5	105,0	108,0
3	51,7	55,4	79,9	97,1	79,6	76,8	60,5	101,6	100,6
5	29,1	24,7	62,6	72,7	47,1	53,4	48,7	91,7	80,1
7	22,3	18,1	47,0	53,9	42,9	42,7	44,6	83,1	63,4
9	15,0	16,3	42,2	48,2	39,2	38,6	42,5	74,1	57,6
11	12,7	14,6	36,5	47,9	38,6	34,5	38,6	69,1	54,0
13	11,6	15,5	34,4	47,6	37,7	34,3	37,1	66,0	53,6
15	11,6	14,9	33,0	45,8	36,5	34,3	35,4	61,2	51,9
17	11,6	14,6	31,6	47,0	37,7	34,5	32,9	60,4	52,3
19	7,9	14,9	30,3	45,7	37,7	33,0	33,1	60,8	51,9
21	8,4	15,0	32,1	44,4	36,1	35,5	33,5	58,3	53,4
23	6,1	14,4	29,9	44,0	36,0	35,0	31,4	54,9	54,0
25	7,3	14,2	31,6	46,1	36,0	32,4	31,6	53,8	53,1
27	6,2	13,4	31,8	45,4	36,0	32,0	32,9	50,2	53,5
29	6,1	15,1	31,6	45,7	36,0	31,5	32,4	51,4	52,3
31	7,1	15,1	28,1	46,1	36,0	32,0	29,9	53,6	53,1
33	4,9	13,6	29,8	46,3	35,1	32,8	30,6	51,5	52,8
35	6,0	14,0	29,0	46,1	35,1	33,5	28,4	51,2	52,3
37	6,1	13,8	29,4	47,0	36,0	31,1	27,9	49,3	53,1
39	5,6	13,8	28,3	47,0	34,5	33,7	28,5	45,4	52,7
41	6,0	13,4	29,0	47,0	34,3	30,5	28,1	48,0	54,0
43	6,1	13,4	29,4	46,1	36,0	30,9	27,9	48,0	52,3
45	4,0	11,8	29,0	46,9	36,1	32,6	28,9	51,3	53,7
47	5,7	12,5	28,6	47,4	35,1	32,8	27,1	45,9	53,1
49	5,3	12,9	28,6	47,9	34,3	31,3	27,3	46,7	53,1
51	6,3	12,1	27,2	47,3	34,9	31,4	27,9	47,0	55,2
53	5,7	13,4	27,7	47,0	36,0	32,8	28,6	48,0	54,9
55	6,1	13,6	27,7	47,9	35,1	31,3	30,7	48,0	53,1
57	6,4	10,9	27,5	48,2	36,4	32,3	32,3	43,8	55,0
59	6,0	13,4	27,3	47,9	35,1	30,7	32,0	45,2	55,7
61	6,1	13,4	26,9	47,0	35,1	30,0	31,1	44,6	54,9

Testes Realizados no Ribeirão Salobra, Tributário do Rio Aquidauana – MS

Tabela 25 – Ribeirão Salobra, com cobertura vegetal.

Tempo (min)	Ribeirão Salobra - CC								
	LV 1 (mm/h)	LV 2 (mm/h)	LV 3 (mm/h)	LR 1 (mm/h)	LR 2 (mm/h)	LR 3 (mm/h)	NQ 1 (mm/h)	NQ 2 (mm/h)	NQ 3 (min)
1	55,4	41,7	53,5	43,2	54,0	52,2	53,6	56,9	56,4
3	52,0	42,6	39,6	24,0	29,1	29,1	38,5	41,1	48,8
5	47,7	28,0	34,9	21,4	25,7	21,8	33,0	41,4	45,9
7	43,3	26,3	36,1	18,0	22,7	20,1	31,2	40,1	42,3
9	43,6	23,7	37,4	16,2	18,0	20,5	32,1	43,7	37,2
11	41,4	20,7	36,1	17,1	16,2	19,7	32,5	45,4	36,4
13	41,7	19,9	36,1	16,2	16,2	19,7	31,2	42,8	35,5
15	39,7	20,3	37,9	16,7	16,2	18,8	30,8	42,3	35,5
17	40,7	21,1	37,4	13,7	16,2	19,7	30,4	42,6	34,2
19	40,5	20,3	37,4	13,7	16,2	18,8	30,8	42,3	34,2
21	40,0	21,1	37,4	13,7	18,0	18,8	31,7	41,1	34,7
23	39,7	20,3	38,3	13,7	17,1	18,8	31,7	39,9	33,4
25	41,4	21,6	39,1	11,1	17,1	18,0	31,2	42,6	33,0
27	41,0	20,3	39,6	11,1	12,8	17,1	33,0	44,5	33,0
29	39,3	21,6	39,6	12,8	12,8	17,1	30,4	43,0	32,1
31	39,8	21,1	40,0	14,5	15,4	18,0	30,8	48,3	32,5
33	39,5	19,9	40,0	7,7	15,4	18,0	31,2	48,0	33,0
35	41,7	22,4	40,4	14,5	16,2	18,0	30,4	44,7	33,0
37	41,8	22,9	41,3	13,7	12,8	17,5	31,2	42,1	32,5
39	42,1	21,1	40,4	14,5	16,2	16,2	30,4	41,3	33,0
41	41,7	20,7	40,9	12,0	14,5	15,8	29,5	39,2	33,0
43	40,3	19,9	40,9	11,1	17,1	16,2	31,2	40,2	31,7
45	42,1	22,0	41,7	10,2	12,8	18,8	31,2	39,2	33,0
47	42,1	18,6	42,1	12,0	18,0	16,2	33,4	39,9	32,1
49	42,4	19,4	41,7	7,7	16,2	17,1	30,4	40,6	32,5
51	41,2	19,0	41,3	14,5	14,5	15,4	30,8	39,7	31,7
53	41,7	19,0	41,3	14,5	14,5	16,2	30,4	41,3	32,1
55	44,3	21,1	42,6	11,1	14,5	17,1	30,8	40,6	31,7
57	44,3	16,9	41,3	12,8	13,7	17,1	30,8	40,1	33,0
59	43,3	20,7	42,1	12,8	14,5	16,2	31,7	40,2	32,1
61	43,3	24,1	43,0	15,4	13,2	18,0	31,2	41,1	32,1

LVE – Latossolo Vermelho Escuro; LR – Latossolo Roxo, NQ – Latossolo Quartzarênico.

Tabela 26 – Ribeirão Salobra, sem cobertura vegetal.

Tempo (min)	Ribeirão Salobra - SC								
	LV 1 (mm/h)	LV 2 (mm/h)	LV 3 (mm/h)	LR 1 (mm/h)	LR 2 (mm/h)	LR 3 (mm/h)	NQ 1 (mm/h)	NQ 2 (mm/h)	NQ 3 (min)
1	49,6	44,8	53,5	58,4	48,8	38,1	50,7	42,3	46,8
3	36,7	28,9	32,7	19,7	11,1	16,2	18,0	25,7	24,8
5	33,1	25,0	25,4	11,1	7,7	12,8	13,7	21,0	18,8
7	32,3	20,3	29,7	9,4	7,7	13,7	12,8	22,2	17,5
9	25,9	17,3	28,4	6,8	9,4	11,1	12,8	18,4	16,2
11	28,4	19,4	28,9	7,7	9,4	11,1	12,0	18,4	16,2
13	31,4	18,6	28,4	6,0	7,7	16,2	11,1	18,0	16,2
15	29,7	18,6	27,6	8,5	7,7	12,0	13,7	17,5	17,1
17	32,3	18,6	25,9	8,5	9,4	12,0	17,1	15,4	16,2
19	29,3	19,4	26,3	9,4	9,8	10,2	12,0	18,8	16,2
21	25,4	19,4	27,6	6,0	6,0	13,7	13,7	18,0	15,4
23	28,0	16,9	27,1	7,7	6,8	8,5	15,4	18,0	14,5
25	26,7	18,6	27,1	6,0	6,8	10,2	12,0	15,0	13,7
27	29,3	16,9	27,1	9,4	5,1	10,2	14,5	16,2	14,5
29	27,1	17,7	25,9	8,5	12,0	11,1	11,1	14,5	19,7
31	28,9	16,9	27,6	7,7	6,8	10,2	11,1	13,7	12,8
33	26,7	18,6	26,7	6,8	8,5	9,4	12,0	16,2	13,7
35	37,9	17,7	25,9	5,1	6,8	11,1	15,4	14,5	13,7
37	11,7	16,0	26,7	6,8	8,5	8,5	12,0	14,5	12,8
39	31,9	17,7	29,7	6,8	5,5	11,1	12,8	12,8	14,5
41	37,4	16,9	26,3	12,0	7,7	10,2	11,1	15,4	15,4
43	28,0	16,9	26,3	7,7	7,7	12,0	12,8	14,5	15,4
45	27,1	20,3	25,9	6,0	7,7	10,2	12,8	15,4	16,2
47	28,4	19,4	27,6	6,0	6,8	12,0	12,8	13,7	16,2
49	27,1	19,4	28,0	6,0	10,2	12,0	13,2	13,7	14,5
51	29,7	19,4	29,3	6,8	7,7	12,4	14,5	12,8	16,2
53	27,6	21,1	27,6	6,0	6,8	11,1	10,7	12,0	17,1
55	28,0	18,6	17,3	8,5	7,7	12,0	13,7	10,2	16,2
57	26,3	17,3	26,3	8,5	6,8	10,2	12,0	8,5	16,2
59	25,9	14,3	28,0	6,0	6,8	10,2	12,0	11,5	16,2
61	26,3	16,9	27,6	5,1	6,4	11,1	16,2	9,4	14,5

LV – Latossolo Vermelho Escuro; LR – Latossolo Roxo, NQ – Latossolo Quartzarênico.