

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

BRUNA POZZAN


**TESTE DE INFILTRAÇÃO EM DIFERENTES ALTITUDES E
COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO
OESTE - SC**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2018

BRUNA POZZAN



**TESTE DE INFILTRAÇÃO EM DIFERENTES ALTITUDES E
COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO
OESTE - SC**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Polo UAB do Município de Concórdia, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt

MEDIANEIRA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

TESTE DE INFILTRAÇÃO EM DIFERENTES ALTITUDES E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO OESTE - SC

Por

Bruna Pozzan

Esta monografia foi apresentada às 08:30 do dia 18 de agosto de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Polo de Concórdia, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientadora)

Prof^a. Dra Renata Mello Giona
UTFPR – Câmpus Medianeira

Prof^a. Dra. Michelle Budke Costa
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, ao meu pai Idolino, minha mãe Angelina, minha irmã Micheli e meu namorado Jesse.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Aos meus pais, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

A minha orientadora professora Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa e pela confiança em mim depositada.

Aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Campus Medianeira.

Aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Ao professor Dr. Luís César Cassol e ao Laboratório de solos da UTFPR – Campus Pato Branco por realizarem as análises físicas e químicas das amostras de forma gratuita.

A minha querida tia, Ilda Vanin por disponibilizar espaço e água, e pelas tardes de companhia, para que pudesse ser realizado os testes de infiltração.

Ao meu Pai Idolino Pozzan, meu namorado Jesse Ferreira, meus amigos Winissius Segatto e Joelson Pereira, por sempre dedicarem tempo para nos acompanhar nas viagens até o polo de Concórdia em dias de aulas presenciais. E agradeço a minha grande amiga, colega e sócia, Mariana Pastre Pereira, por sempre dedicar tempo, dividir conhecimento, amizade e momentos felizes comigo.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“Eu faço da dificuldade a minha motivação. A volta por cima, vem na continuação”. (CHARLIE BROWN JR)

RESUMO

POZZAN, Bruna. Teste de Infiltração em diferentes altitudes e cobertura do solo no município de São Lourenço do Oeste - SC. 2018. 51 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Com a crescente demanda por espaços no território urbano, as cidades acabam por expandir sem planejamento e frente à paisagem natural, acaba alterando o sistema hidrológico diminuindo a recarga dos aquíferos e aumentando o volume do escoamento superficial. A água que é absorvida pelo solo, tem relação com a intensidade da chuva, a declividade do terreno, a existência de cobertura vegetal e a capacidade de infiltração do solo. Para diminuir os impactos ambientais causados pelo crescimento populacional urbano desenfreado é necessário conhecer a taxa de infiltração da água e sua velocidade, tornando possível a definição de técnicas de conservação, além do planejamento de sistemas de drenagem e irrigação. O presente estudo teve como objetivo avaliar a infiltração de água no solo, em diferentes declividades e coberturas, utilizando o método de infiltrômetro de anéis, no município de São Lourenço do Oeste – SC. Os estudos foram realizados em dois pontos com diferentes declividades, sendo o primeiro a uma altitude aproximada de 924m e o segundo, aproximadamente 785m. Os dados foram coletados a campo, através dos infiltrômetros de anéis, o qual é constituído de material ferroso, cravados no solo de maneira concêntrica, sendo o anel maior com diâmetro de 40cm e o menor de 20cm, ambos com 30cm de altura. Os cilindros interno e externo foram cravados a aproximadamente 10cm do solo, posteriormente adicionado água nos anéis e as leituras foram realizadas apenas no anel interno com a ajuda de uma régua de 60cm. As leituras foram realizadas em solo com gramínea e solo exposto, nos dois pontos, ambos com duas repetições e em diferentes dias, repetindo os testes em dia anterior e posterior a um período de chuva, de 1 em 1 cm, conforme o tempo necessário, totalizando 60 minutos. Com isso chegou-se a confecção de gráficos no qual para se chegar ao resultado da capacidade de infiltração, foi utilizado a equação de Horton e observou-se que em solos expostos as taxas de infiltração iniciais eram maiores e diminuía gradativamente com o tempo, já em solos com gramínea as taxas eram mais constantes no mesmo período de tempo. Os gráficos de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) demonstraram o mesmo, porém é notório que em pontos baixos a capacidade de infiltração foi maior do que em pontos altos, estando mais susceptíveis ao escoamento superficial, podendo ser explicado pela sua textura, pois ao classificá-los, o ponto alto apresentou solo muito argiloso e o ponto baixo argiloso, sendo que quanto mais fina a estrutura do solo (muito argiloso), mais susceptíveis a compactação, o que diminuiu a capacidade de infiltração e aumenta o escoamento. O manejo adequado do solo é de suma importância para reduzir prejuízos com escoamento superficial e, conseqüentemente, enchentes.

Palavras-chave: Infiltrômetro de Anéis. Capacidade de Infiltração. Solo Gramínea. Solo Exposto. Gráficos IDF.

ABSTRACT

POZZAN, Bruna. Infiltration test at different altitudes and soil cover in the municipality of São Lourenço do Oeste - SC. 2018. 51 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

With the increasing demand for spaces in the urban territory, the cities end up expanding without planning and facing the natural landscape, ends up altering the hydrological system reducing the recharge of the aquifers and increasing the volume of the surface runoff. The water that is absorbed by the soil is related to the intensity of the rain, the declivity of the terrain, the existence of vegetation cover and the capacity of infiltration of the soil. In order to reduce the environmental impacts caused by unbridled urban population growth, it is necessary to know the rate of water infiltration and its speed, making possible the definition of conservation techniques, as well as the planning of drainage and irrigation systems. The present study had as objective to evaluate the infiltration of water in the soil, in different slopes and coverages, using the ring infiltrator method, in the city of. The studies were carried out in two points with different slopes, the first one at an approximate altitude of 924m and the second, approximately 785m. The data were collected in the field, through the ring infiltrators, which is made of ferrous material, spiked in the soil concentrically, the largest ring with a diameter of 40cm and the smaller one of 20cm, both with a height of 30cm. The inner and outer cylinders were drilled approximately 10cm from the ground, water was added to the rings and the readings were performed only on the inner ring with the help of a 60cm ruler. The readings were performed in soil with grass and exposed soil at both points, both with two replicates and on different days, repeating the tests in the day before and after a rainy period of 1 in 1 cm, according to the time required, totaling 60 minutes. This led to the creation of graphs in which to reach the result of the infiltration capacity, the Horton equation was used and it was observed that in exposed soils the initial infiltration rates were higher and gradually decreased with time, already in soils with grass the rates were more constant in the same period of time. The Intensity-Duration-Frequency (IDF) graphs showed the same, but it is notorious that in low points the infiltration capacity was higher than in high points, being more susceptible to the surface runoff, and can be explained by its texture, the high point showed very clayey soil and the clayey low, being that the thinner the soil structure (very clayey), more susceptible to compaction, which reduced the infiltration capacity and increased the flow. The proper management of the soil is of paramount importance to reduce losses with runoff and, consequently, floods.

Keywords: Infiltrater of Rings. Infiltration Capacity. Gramineous only. Just Exposed. IDF Graphics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Infiltrômetro de Anel	15
Figura 2: Infiltrômetro de Anéis Utilizado na Realização dos Testes.....	16
Figura 3: Primeiro Ponto Analisado Localizado na Rua Saldanha da Gama	18
Figura 4: Segundo Ponto Analisado Localizado na SC 305	18
Figura 5: Levantamento de Solos do Estado de Santa Catarina	19
Figura 6: Levantamento de Solos de São Lourenço do Oeste- SC	19
Figura 7: Material Utilizado para Fixação dos Infiltrômetros no solo	21
Figura 8: Plástico Utilizado Antes de Iniciar os Testes.	22
Figura 9: Teste de Infiltração em Solo Gramínea	22
Figura 10: Teste de Infiltração em Solo Exposto	23
Figura 11: Dados IDF da Cidade de Pato Branco - PR na Base de Dados do Software Plúvio 2.1.....	25
Figura 12: Triângulo para determinação de classes texturais	27
Figura 13: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Exposto Úmido no Ponto Alto, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 13A e 13B, respectivamente.....	29
Figura 14: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Exposto Úmido no Ponto Baixo, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 14A e 14B, respectivamente.....	30
Figura 15: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Gramínea Úmido no Ponto Alto, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 15A e 15B, respectivamente.....	31
Figura 16: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Gramínea Úmido no Ponto Baixo, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 16A e 16B, respectivamente.....	32
Figura 17: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Exposto Seco no Ponto Alto, pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 17A e 17B, respectivamente.....	33
Figura 18: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Exposto Seco no Ponto Baixo, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 18A e 18B, respectivamente.....	34
Figura 19: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Gramínea Seco no Ponto Alto, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 19A e 19B, respectivamente.....	35
Figura 20: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Gramínea Seco no Ponto Baixo, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 20A e 20B, respectivamente.....	35
Figura 21: Gráficos Resultantes da Curva IDF com Tr de 5 anos em Solo Exposto Úmido no Ponto Alto e Ponto Baixo, Figura 21A e 21B, respectivamente.....	37
Figura 22: Gráficos Resultantes da Curva IDF com Tr de 5 anos em Solo Gramínea Úmido no Ponto Alto e Ponto Baixo, Figura 22A e 22B, respectivamente.....	38
Figura 23: Gráficos Resultantes da Curva IDF com Tr de 5 anos em Solo Exposto Seco no Ponto Alto e Ponto Baixo, Figura 23A e 23B, respectivamente.....	39
Figura 24: Gráficos Resultantes da Curva IDF com Tr de 5 anos em Solo Gramínea Seco no Ponto Alto e Ponto Baixo, Figura 24A e 24B, respectivamente.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa de Parâmetros da Fórmula de Horton	24
Tabela 2: Propriedades Químicas do solo analisado	28
Tabela 3: Comparativo das análises do solo	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 SOLO	12
2.2 ÁGUA	12
2.3 INFILTRAÇÃO	13
2.3.1 Infiltração em Diferentes Altitudes e Cobertura do Solo	14
2.3.2 Infiltrômetro de Anéis	14
2.4 ESCOAMENTO SUPERFICIAL	15
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA	17
3.2 TIPO DE PESQUISA	20
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	20
3.4 ANÁLISE DOS DADOS	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO ANALISADO	27
4.2 TESTE DE INFILTRAÇÃO APÓS UM PERÍODO DE CHUVAS	28
4.3 TESTE DE INFILTRAÇÃO APÓS UM PERÍODO SECO	32
4.4 GRÁFICOS IDF	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICE	46
ANEXOS	48

1 INTRODUÇÃO

Cresce a cada dia a demanda por espaços no território urbano, o que leva a necessidade de expandir as áreas construídas da cidade. Sem planejamento, o crescimento urbano acaba se propagando de forma desconfigurada frente à paisagem natural, além de alterar o sistema hidrológico diminuindo a recarga dos aquíferos e aumentando o volume de escoamento superficial. Em época de inundação isso pode ser observado (MANCUSO et al., 2014).

A quantidade de água que é absorvida pelo solo relaciona-se com a intensidade da chuva, a declividade do terreno, a existência de cobertura vegetal e a capacidade de infiltração do solo (CAUDURO; DORFMAN, 1988). Sendo a infiltração o processo no qual a água penetra na superfície do solo (SOBRINHO, 2003).

A velocidade em que a água infiltra no solo, têm relação com a textura, estrutura, umidade, temperatura, camadas mais ou menos permeável, além da cobertura do solo (BERNARDO, 2006).

Conhecer a taxa de infiltração da água e a sua velocidade é de extrema importância para definir técnicas de conservação, além de planejar sistemas de drenagem e irrigação, auxiliar em projetos de estruturas e na composição real de retenção da água e, também, de aeração do solo (GONDIM, et al. 2010).

O aumento da urbanização traz modificações no solo e conseqüentemente surgem alterações hidrológicas, apresentando efeitos como escoamento superficial e diminuição de sua porosidade. A água que infiltra em um solo além de contribuir para a recarga de aquíferos subterrâneos, auxilia na redução de inundações, pois quanto maior a área permeável, maior infiltração.

Em virtude disso, objetivou-se avaliar a taxa de infiltração de água no solo com diferentes altitudes e coberturas no município de São Lourenço do Oeste – SC, por meio do método de infiltrômetro de anéis. Além disso, analisou-se as propriedades químicas e físicas e a relação da infiltração com a Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de precipitação da região, com tempo de retorno de 5 anos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SOLO

O solo é um recurso básico e essencial aos seres vivos, suporta toda a cobertura vegetal da terra, tanto culturas como todos os tipos de árvores, gramíneas, raízes, herbáceas, que são, na maioria dos casos, muito utilizadas pelo homem. Além da grande superfície que ocupa no planeta, é uma das maiores fontes de energia para a vida, passando de geração para geração (BERTONI; NETO, 1990).

Sabe-se que quanto maior a variedade de solos, maior a oportunidade do povo encontrar um melhor padrão de vida. Mas, para Bertoni e Neto (1990), é muito importante que as áreas ocupadas sejam de solos adaptados a produções de alimentos, matérias-primas, vestuário, transporte e indústria. Para tanto, os solos precisam ser estudados e classificados.

Resultante da ação do clima e organismos, o solo sofre influência de elementos como rocha, clima, relevo e tempo, são eles os formadores do solo e atuam de forma conjunta no meio ambiente (LIMA et al.,2007).

Dependendo de alguns fatores, o solo pode vir a ser compactado e perder seu espaçamento entre suas partículas. Para Jorge (1985), entender o processo de compactação do solo requer o conhecimento que de o solo é formado por três fases: sólida, líquida e gasosa. A primeira constituída por material mineral e orgânico, a segunda pela água e a terceira pelo ar. É necessário que ambas as fases mantenham-se em equilíbrio, mesmo com a ação de variáveis como chuva, seca, movimentação de máquinas e carros sobre o solo, para que não ocorra a compactação.

2.2 ÁGUA

A água é um recurso necessário aos seres vivos, porém sua distribuição em todo o planeta não é proporcional, em alguns locais há excesso e em outros escassez. Utiliza-se dela como bebida, no solo para vegetação, para a população aquática, uso

industrial, meio de transporte, purificação, transporte de resíduos, além de ser fonte de energia e recreação. Pelo fato de ser tão necessária para a sobrevivência, a sua conservação gera grandes problemas (BERTONI; NETO, 1990).

Para Lima et al. (2007), apesar da água ser considerada um recurso natural renovável, a cada dia a população aumenta a concentração na área urbana e não utiliza-a de forma racional. Além de esbanjar, a poluição de cursos d'água é outro grande problema.

A sua existência é suprida pela natureza através do ciclo hidrológico, proporcionando o abastecimento de suas fontes superficial e subterrânea. A sua conservação não pode ser resolvida de forma independente, sem considerar os demais recursos naturais, pois o volume de água sempre vai depender da quantidade de chuva que cai, da infiltração e do escoamento superficial (BERTONI; NETO, 1990).

2.3 INFILTRAÇÃO

Um processo no qual a água passa pelo perfil do solo é conhecido por infiltração, ou seja, seu movimento dentro da superfície do solo. Inicialmente a infiltração ocorre de forma rápida com valor elevado, o que acaba diminuindo com o tempo, após o solo estar saturado. Sob muita chuva ou irrigação contínua, a taxa de infiltração do solo aproxima-se de um valor constante, dependente do selamento superficial causado pelo impacto das gotas da chuva (SOBRINHO, 2003).

A passagem da água através do solo é realizado por forças de gravidade e capilaridade, ocorrendo em solos saturados e não saturados, respectivamente. O fator que influencia na sua velocidade são os espaços porosos. Em solos arenosos a velocidade é mais alta do que em argilosos, por possuírem maior espaço. Além disso, a umidade do solo também pode influenciar em sua velocidade de infiltração (BERTONI; NETO, 1990).

A agregação das partículas do solo e sua compactação, influencia na infiltração (BERTONI; NETO, 1990). O processo de compactação do solo leva em consideração aspectos que se relacionam com a física, a química, as propriedades biológicas e fatores ambientes (clima, tratamentos agrônômicos). Além de afetar a infiltração da

água, aumentando a erosão e o escoamento superficial, a compactação age desfavoravelmente no crescimento de raízes (JORGE, 1985).

Para Bertoni e Neto (1990), um dos fatores mais importantes na velocidade da infiltração é a cobertura vegetal do solo. Quando ocorre uma chuva e o solo não está protegido, a camada superficial fica comprimida devido ao impacto das gotas da chuva, e desta forma, a infiltração diminui.

2.3.1 Infiltração em Diferentes Altitudes e Cobertura do Solo

A quantidade de água disponível na superfície de um terreno e o tempo que encontra-se ali para ser infiltrada, são influenciados por características dos terrenos. Em algumas condições, a água possui tendência a escoar rapidamente, ocorrendo um escoamento superficial. Já em outras, são mais propícias a uma maior infiltração de água no solo (CAMARINHA, 2011).

A cobertura vegetal do solo protege a camada superficial do impacto das gotas de chuva, além de favorecer a ocorrência de altas taxas de infiltração, diminuindo as perdas tanto de solo como de água. Apesar de não ser um fator determinante, a cobertura do solo influencia na velocidade da infiltração (BERTOL et al., 2007).

2.3.2 Infiltrômetro de Anéis

Para medir a capacidade de infiltração do solo, mede-se a altura da lâmina de água por unidade de tempo. Sendo assim, corresponde a quantidade de água que o solo pode absorver em um determinado tempo (SCHMIDT, 2017).

Quando se pretende determinar a capacidade de infiltração, um dos métodos utilizados, segundo Schmidt (2017), é o infiltrômetro de anéis (Figura 1). Composto por anéis cilíndricos metálicos, cravados de forma concêntrica no solo, com diferentes diâmetros e mesma altura. São fixados no solo sobrando uma pequena altura livre, na qual é inserido água para o estudo. A altura da lâmina é medida por régua e somente

no cilindro interno, pois o externo é utilizado apenas para umedecer o solo impossibilitando da água ser absorvida pelo entorno.



Figura 1: Infiltrômetro de Anel
Fonte: ANA (2017).

2.4 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Nem toda água proveniente das precipitações que chega até o solo infiltra, parte dela excede a capacidade de infiltração e esco superficialmente, formando as enchentes e enxurradas. Através deste escoamento superficial partículas do solo, resíduos, e outros poluentes são carregados pelas águas e param em cursos d'água, entopem bueiros e causam outros transtornos naturais (LIMA et al., 2007).

A impermeabilização do solo impossibilita a infiltração e, em virtude disso, o escoamento superficial aumenta sua velocidade, subindo o nível dos cursos hídricos de forma rápida (DOMINGOS; LIMA, 2014).

Para Lima et al. (2007), ao contrário da infiltração, no escoamento superficial a água chegará suja nos rios, sendo um problema para áreas urbanas, pois as calçadas, asfaltos, construções, impedem a infiltração da água, e não tendo por onde infiltrar, a água irá escoar e causar prejuízos ambientais, econômicos e sociais.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os estudos foram realizados em dois pontos do município de São Lourenço do Oeste – SC, com diferentes altitudes e cobertura do solo tornando possível a análise da diferença de infiltração entre ambos.

Seguindo a metodologia de Bernardo et al. (2006), foram utilizados infiltrômetros de anéis (Figura 2) para quantificar a capacidade de infiltração do solo em determinado tempo e, posteriormente, analisou-se por meio de gráficos a infiltração dos diferentes pontos de declividade e cobertura do solo.



Figura 2: Infiltrômetro de Anéis Utilizado na Realização dos Testes.
Fonte: Autoria própria.

Coletou-se uma amostra de cada solo, com a ajuda de pás e enxadas, para poder avaliar as suas propriedades físicas (granulometria: percentual de areia, silte e argila) e químicas (pH-CaCl₂, matéria orgânica, P e K, Ca, Mg e Al, H+Al, soma de bases, saturação por bases e saturação por Alumínio), nomeando-as como Amostra 1, correspondente ao ponto alto, e Amostra 2, correspondente ao ponto baixo (Anexo

1). As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo UTFPR/IAPAR, do campus Pato Branco – PR.

Os testes de infiltração em solo úmido foram realizados no dia 27 de março de 2018 o qual, segundo Ciram (2018), possuía um acumulado de 235,4mm de precipitação após oito dias chuvosos, e precipitação média de 29,43mm/dia, na região de Anchieta – SC, próximo a São Lourenço do Oeste, devido ao fato de não possuir em todas as cidades o medidor de precipitação. Já os testes em solo seco, realizaram-se no dia 08 de abril de 2018, após sete dias ensolarados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa realizou-se em São Lourenço do Oeste – SC, município localizado no noroeste do Estado de Santa Catarina, divisa com o Paraná. Possui 361,77km² de área e altitude média de 895 metros acima do nível do mar. Seu relevo é planalto acidentado e clima subtropical com temperaturas médias de 22° C (PREFEITURA DE SÃO LOURENÇO DO OESTE, 2017).

Foram escolhidos dois pontos com diferentes declividades do município de São Lourenço do Oeste – SC. O primeiro localiza-se a Rua Saldanha da Gama, bairro Santa Catarina, com altitude aproximada de 924m e coordenadas geográficas 26°21'46.97" S e 52°51'11.39"O (Figura 3), nomeado como Ponto Alto. O segundo é na SC – 305, ainda dentro do limite municipal, com altitude aproximada de 785m e coordenadas geográficas 26°23'12.29"S e 52°52'38.39"O (Figura 4), nomeado como Ponto Baixo. Ambos os locais possuem gramíneas e solo exposto.



Figura 3: Primeiro Ponto Analisado Localizado na Rua Saldanha da Gama
Fonte: GOOGLE MAPS (2017).



Figura 4: Segundo Ponto Analisado Localizado na SC 305
Fonte: GOOGLE MAPS (2017).

Os solos analisados encontram-se mapeados segundo o mapeamento digital de solos (MDS), o qual utiliza de modelos matemáticos e estatísticos, que a partir de informações de solos existentes é possível determinar outros que não foram medidos. O MDS é de grande importância, principalmente quando o assunto é o planejamento de uso da terra (DIAS, 2014).

O Estado de Santa Catarina possui um levantamento de reconhecimento dos solos (Figura 5). Os pontos analisados encontram-se na Região Noroeste do Estado cidade de São Lourenço do Oeste (Figura 6) o qual é possível identificar a presença de Cambissolo Háplico, Latossolo Bruno e Neossolo Litólico (EMBRAPA, 2004).

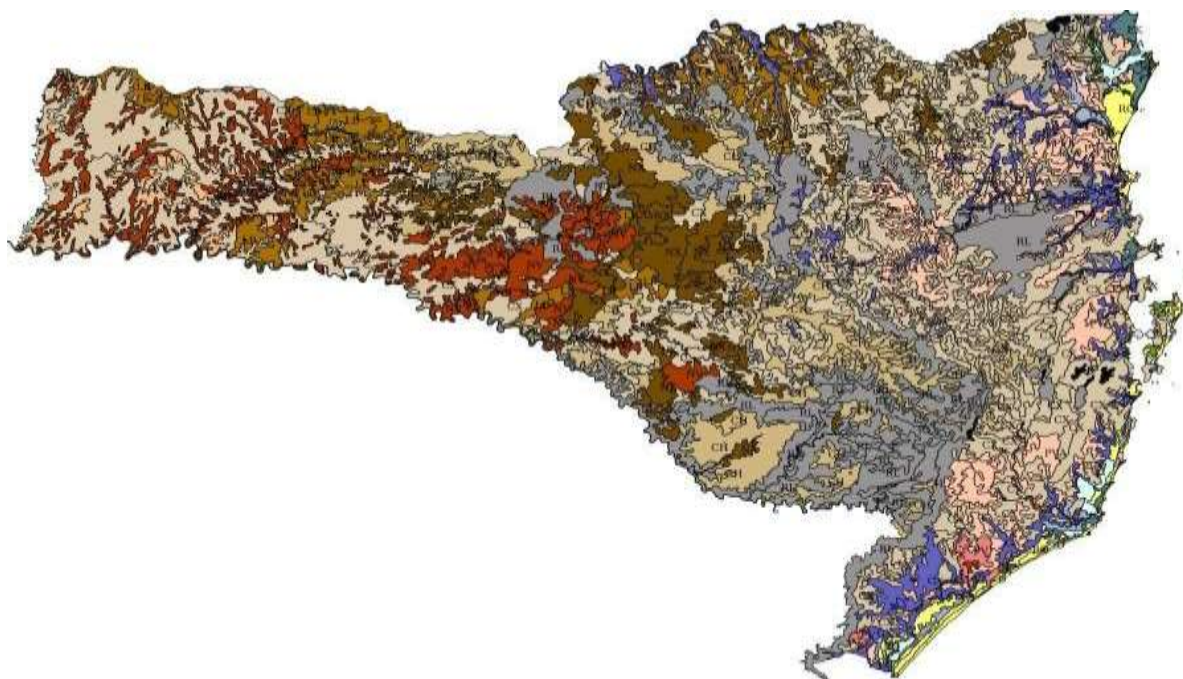


Figura 5: Levantamento de Solos do Estado de Santa Catarina
Fonte: EMBRAPA (2004).

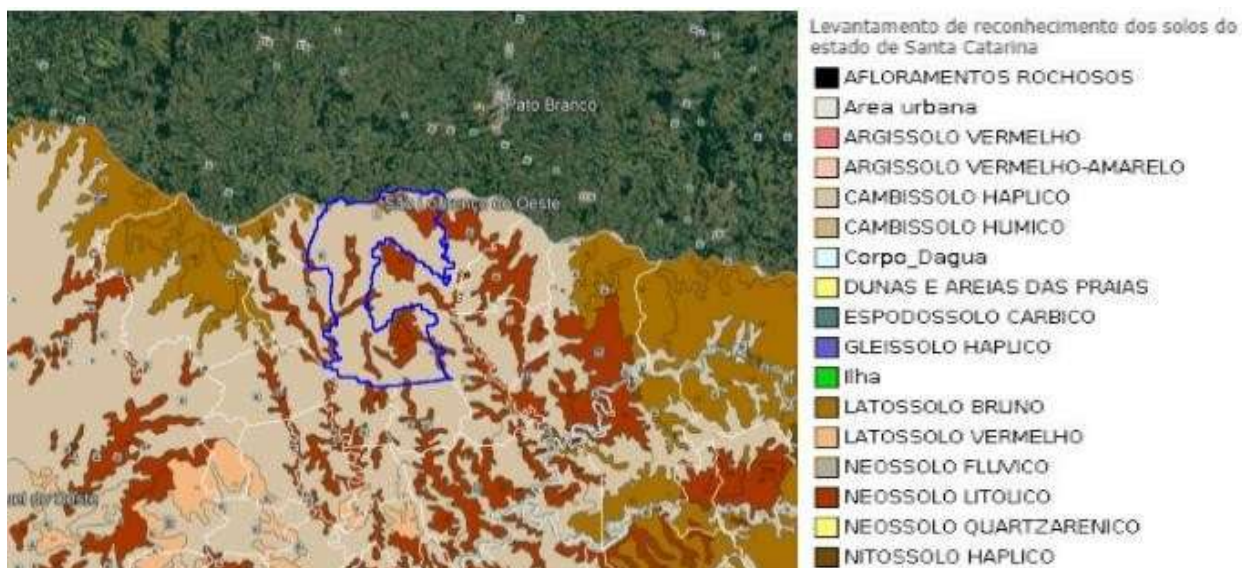


Figura 6: Levantamento de Solos de São Lourenço do Oeste- SC
Fonte: EMBRAPA (2004).

Segundo Embrapa (2004), em solos com profundidade de 0 a 20cm, em São Lourenço do Oeste, possuem composição granulométrica de areia grossa 18%, areia fina 8%, silte 34%, argila 40%. Além disso, argila dispersa em água 4%, grau de floculação 90%, pH 6,2 e C orgânico 2,41%.

3.2 TIPO DE PESQUISA

São muitas as maneiras na qual uma pesquisa pode ser classificada, o que deve ser analisado é a necessidade em ser uma classificação coerente com base nos critérios adotados (BORTOLI, 2017).

Ao observar o que diz Gil (2002), a pesquisa em questão classificou-se, segundo seus objetivos, em pesquisa explicativa, possuindo como principal preocupação identificar quais os fatores que determinam, ou até mesmo, que contribuem para a ocorrência de fenômenos. Além disso, é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade.

A pesquisa ainda pode ser classificada segundo os seus procedimentos técnicos, neste caso enquadrando-se como experimental. Consiste em determinar qual o objeto de estudo, as suas variáveis que possam influenciá-lo, além de definir a forma de controle e observação dos efeitos causados pelas variáveis (GIL, 2002).

O estudo em questão trata-se de uma pesquisa experimental com elaboração de modelagem estatística e obtenção de modelos de regressão linear que descrevem o processo de infiltração de água nos locais. Possui dois pontos que foram analisados, sendo o ponto alto considerado o bloco um e o ponto baixo o bloco dois. Neles foram realizadas análises de infiltração de solo em cada ponto em diferentes coberturas de solo, sendo solo exposto e com gramíneas, com duas repetições de cada cobertura em cada bloco, em condições climáticas diferentes, sendo assim, realizou-se análise com duas repetições em cada cobertura de solo antes de um período de chuva e duas repetições após um período de chuva.

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados em campo a partir de análises pelo método de infiltrômetro de anéis, citado por Bernardo et al. (2006), determinando a velocidade da infiltração. Os anéis são de material ferroso, cravados no solo de maneira concêntrica, sendo o anel maior com diâmetro de 40cm e o menor de 20cm, ambos com 30cm de altura.

Foram cravados os anéis cilíndricos externo e interno, com a ajuda de marreta e madeira (Figura 7), aproximadamente 10 cm no solo e posteriormente ajustado um filme plástico, para evitar a infiltração da água no solo antes da realização da leitura inicial (Figura 8). Posteriormente, foi adicionado água nos anéis, e as leituras iniciaram somente no anel interno, com a ajuda de uma régua de 60 cm, pois o externo é utilizado somente para efeito da infiltração lateral (FAGUNDES, 2012).



Figura 7: Material Utilizado para Fixação dos Infiltrômetros no solo.
Fonte: Autoria própria.



Figura 8: Plástico Utilizado Antes de Iniciar os Testes.
Fonte: Autoria própria.

As leituras foram realizadas em solo com gramínea (Figura 9) e solo exposto (Figura 10), nos dois pontos, ambos com duas repetições cada, e em diferentes dias, repetindo os testes nas diferentes coberturas em período anterior e posterior a uma chuva.



Figura 9: Teste de Infiltração em Solo Gramínea.
Fonte: Autoria própria.



Figura 10: Teste de Infiltração em Solo Exposto.
Fonte: Autoria própria.

Para as anotações, considerou-se tempos diferentes, sendo marcados a cada 1cm de oscilação da leitura da régua, totalizando 60 minutos e diferentes centímetros em cada análise e solo.

A oscilação máxima da lâmina de água foi de 2 cm, sendo realizada reposição de água sempre que fosse necessário. Manteve-se o cuidado para que o cilindro externo mantivesse semelhança na altura de lâmina de água do cilindro interno.

Foi considerado infiltração constante sempre que a leitura repetiu pelo menos três vezes o mesmo valor. Os dados foram anotados em planilhas (Apêndice A) pelo próprio autor e posteriormente realizado levantamento estatístico e desenvolvido curvas de taxa de infiltração para facilitar a análise dos resultados obtidos.

Para chegar ao resultado da capacidade de infiltração, foi utilizado a equação de Horton, citada por Schmidt (2017) ilustrada pela Equação 1:

$$f = f_c + (f_o - f_c) \cdot e^{-k \cdot t} \quad (1)$$

Onde:

f é a capacidade de infiltração no tempo t (mm/h);

f_o é a capacidade de infiltração inicial para $t=0$ (mm/h);

f_c é a capacidade de infiltração final (mm/h);

k é uma constante para cada curva (horas^{-1});

t é o tempo (horas)

Os valores das constantes (f_o , f_c e k) dizem respeito ao tipo de solo e podem ser seguidos conforme a Tabela 1:

Tabela 1: Estimativa de Parâmetros da Fórmula de Horton

Parâmetros da fórmula de Horton	Classificação hidrológica do solo (mm/h)			
	Tipo A (solos arenosos mais profundos)	Tipo B (solos arenosos menos profundos)	Tipo C (solos barrentos)	Tipo D (solos argilosos)
f_o	250	200	130	80
f_c	25	13	7	3
K	2	2	2	2

Fonte: Adaptado de Tomaz (2002).

Desenvolveu-se curvas com a média entre repetições do mesmo ponto, para se chegar a um resultado mais apropriado para o local. Além disso, apresentou-se a equação do coeficiente de determinação (R^2) de cada ponto e, também, da média. Esse coeficiente dita a relação entre as variáveis analisadas, quanto mais próximo de 1,0 mais forte é a relação.

Os dados obtidos de três grandezas da chuva, como intensidade, duração e frequência (IDF) foram comparados com o mesmo da cidade de Pato Branco – PR, por se encontrar a uma distância, em linha reta, de aproximadamente 22km dos locais de estudo e ser o mais próximo com dados no Software Plúvio 2.1 (Figura 11).

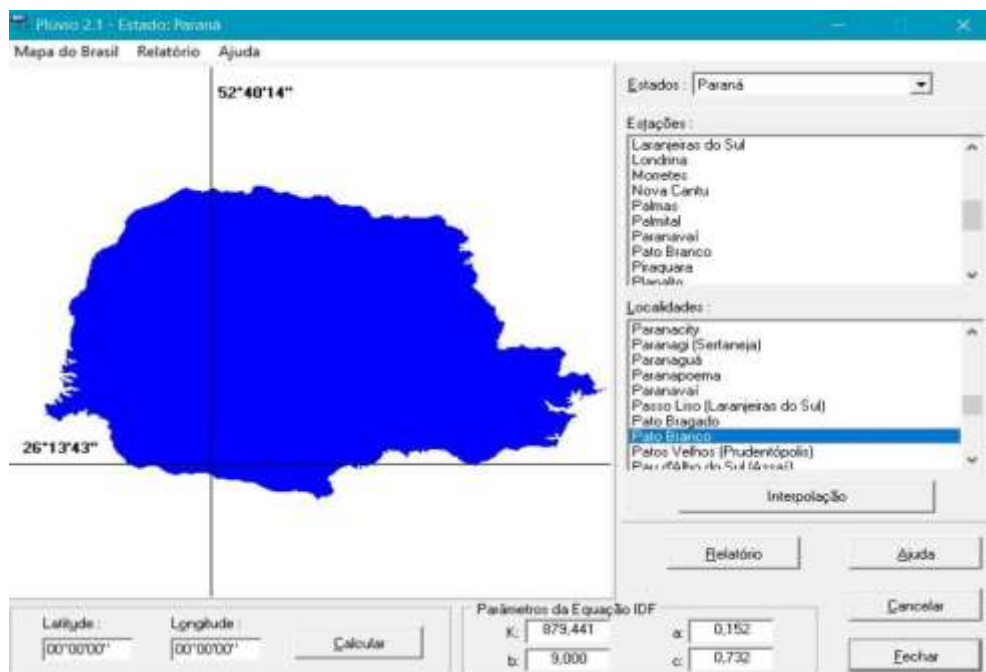


Figura 11: Dados IDF da Cidade de Pato Branco - PR na Base de Dados do Software Plúvio 2.1

Fonte: Software Plúvio 2.1

A Equação 2 da chuva de cada local obtida através dos registros, para estabelecer as máximas intensidades em cada duração de chuva, são realizadas através da equação, citada por Schmidt (2017):

$$i = \frac{K \cdot T_r^a}{(t + b)^c} \quad (2)$$

Onde:

T_r – período de retorno em anos

t - duração em minutos

K, a, b, c – constantes (obtidas para cada local - programa Plúvio 2.1)

i - mm/h

Saber o IDF é de grande importância para projetos de obras hidráulicas, visando a relação entre chuva e vazão. Varia de local para local e é determinada empiricamente, através de uma série de observações pluviográficas dos locais.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

A partir do desenvolvimento de curvas de infiltração e de velocidade de infiltração em determinado tempo, foram analisados os dados, em diferentes leituras da régua durante cada análise.

Observou-se a infiltração acumulada, o tempo e a taxa de infiltração, além das propriedades físicas e químicas do solo, tornando possível, a partir dos dados, monitorar essas características da infiltração, e concluir qual a sua estabilidade, possibilitando o uso desses resultados em projetos de estruturas e de irrigação, e até mesmo para futuros estudos.

Além disso uma linha de tendência foi ajustada aos dados e obtidos modelos que descrevem o comportamento de infiltração de água nos pontos analisados. Para uma linha de tendência estar mais confiável é importante que o seu R^2 esteja próximo a 1,0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO ANALISADO

Em ponto alto, o solo apresentou 77% argila, 4,8% areia e 18,20% silte, demonstrando um solo mais argiloso, característico da região. No ponto baixo ficou em 55% argila, 15,9% areia e 29,1% silte. Esses dados mostram que o solo do ponto baixo é menos intemperizado do que o solo do ponto alto, pois segundo Embrapa (1999), quanto menor o teor de silte, menor o grau de intemperismo do solo.

Ao analisar o triângulo para determinação de classes texturais do solo (Figura 12), é possível perceber que a partir dos resultados obtidos na análise do solo, o ponto alto é pertencente ao grupo de muito argilosa, representado pelas linhas laranjas que se encontram nesta classe. Já no ponto baixo, o solo é pertencente ao grupo de argilosas, representado pelas linhas azuis as quais se encontram nessa classe.

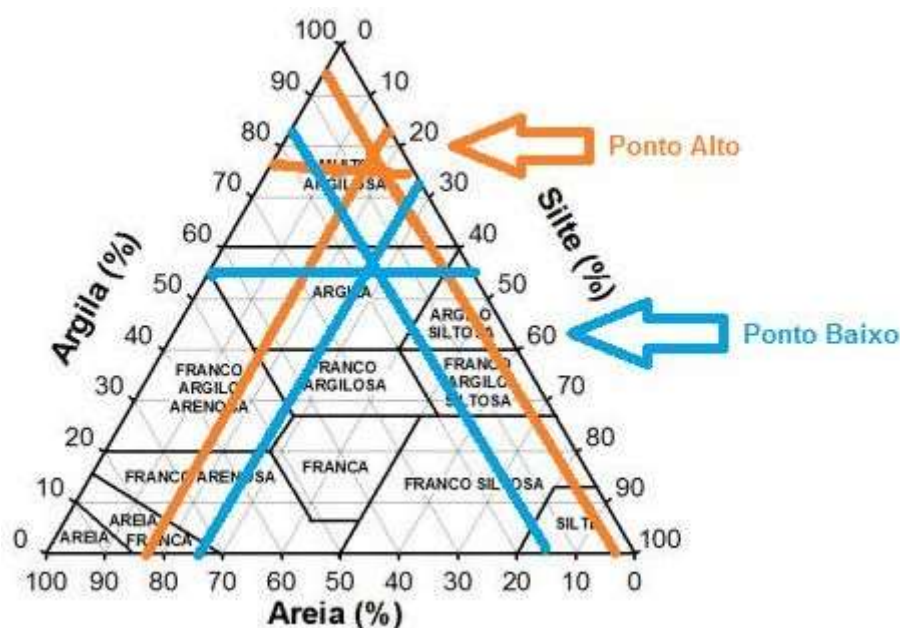


Figura 12: Triângulo para determinação de classes texturais
Fonte: Adaptado de Camargo et al. (2009).

Os demais dados em relação as propriedades físicas no solo podem ser observados na Tabela 2:

Tabela 2: Propriedades Químicas do solo analisado

Propriedade Química	Ponto Alto	Resultado	Ponto Baixo	Resultado
MO gdm ⁻³	37,53	Médio	25,46	Médio
P mgdm ⁻³	1,26	Baixo	3,61	Baixo
K cmol e dm ⁻³	0,65	Alto	0,28	Médio
pH CaCl ₂	5,10	Médio	5,10	Médio
Índice SMP	6,00	Médio	5,80	Médio
H+Al cmol e dm ⁻³	4,96	Médio	5,76	Alto
Ca cmol e dm ⁻³	7,30	Alto	11,60	Alto
Mg cmol e dm ⁻³	3,80	Alto	6,30	Alto
SB cmol e dm ⁻³	11,75	Alto	18,18	Alto
V %	70,32	Alto	75,94	Alto

Fonte: Autoria Própria.

Com os dados de Matéria Orgânica (MO), é possível perceber que ambos são solos nível médio em relação a reservatório de nutrientes, pois segundo Gatiboni (2003), por causa de cargas como MO, é que o solo estoca nutrientes, quanto mais MO maior a capacidade de estocar nutrientes e facilitar para que as plantas possam absorvê-los.

4.2 TESTE DE INFILTRAÇÃO APÓS UM PERÍODO DE CHUVAS

Após um período de oito dias chuvosos, realizou-se os ensaios de infiltração em solo exposto e solo com gramínea, nas diferentes altitudes, na sequencia os dados foram anotados em planilhas e desenvolvido gráficos no programa Excel 2013, comparando as repetições em cada ponto analisado, expondo a média entre eles e o coeficiente de determinação R² de uma análise de regressão.

Em solo exposto úmido Ponto Alto (Figura 13), observou-se que no Ponto A houve inicialmente uma oscilação na taxa de infiltração retornando posteriormente a uma maior taxa e permanecendo entre 0,35 cm/min e 0,39 cm/min em um tempo de 30 à 60 min. Já no ponto B a infiltração iniciou em uma taxa de 0,51 cm/min, seguindo para aproximadamente 0,28 cm/min em 60 minutos.

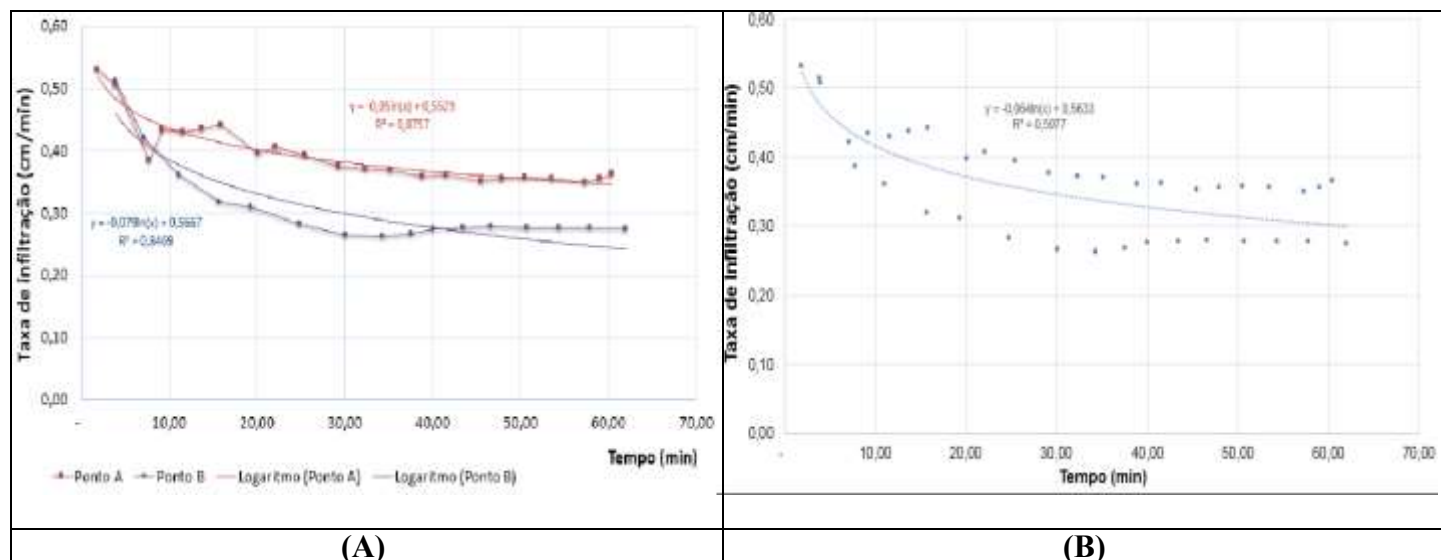


Figura 13: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Exposto Úmido no Ponto Alto, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 13A e 13B, respectivamente.

Fonte: Autoria Própria.

A média entre os dois pontos permaneceu em uma taxa de infiltração entre 0,50 cm/min e 0,30 cm/min, e um coeficiente de determinação de $R^2=0,5977$, sendo, portanto, aproximadamente 60% de relação entre um ponto e outro. Segundo Camargo e Alleoni (2006), isso explica-se pelo fato de que um mesmo solo pode haver diferença, devido a sua compactação e redução da condutividade hidráulica.

Ao observar o ensaio de infiltração em solo exposto úmido em Ponto Baixo (Figura 14), percebeu-se que o ponto A iniciou a uma taxa de infiltração de, aproximadamente, 1,60 cm/min e decaiu para 0,40 cm/min após 60 min. No ponto B houve uma oscilação inicial e também decaiu para 0,40 cm/min após 60 min. A média entre ambos os pontos ficou com taxa inicial alta, decaindo com o passar do tempo, ficando em 0,50 cm/min ao chegar em 60 min.

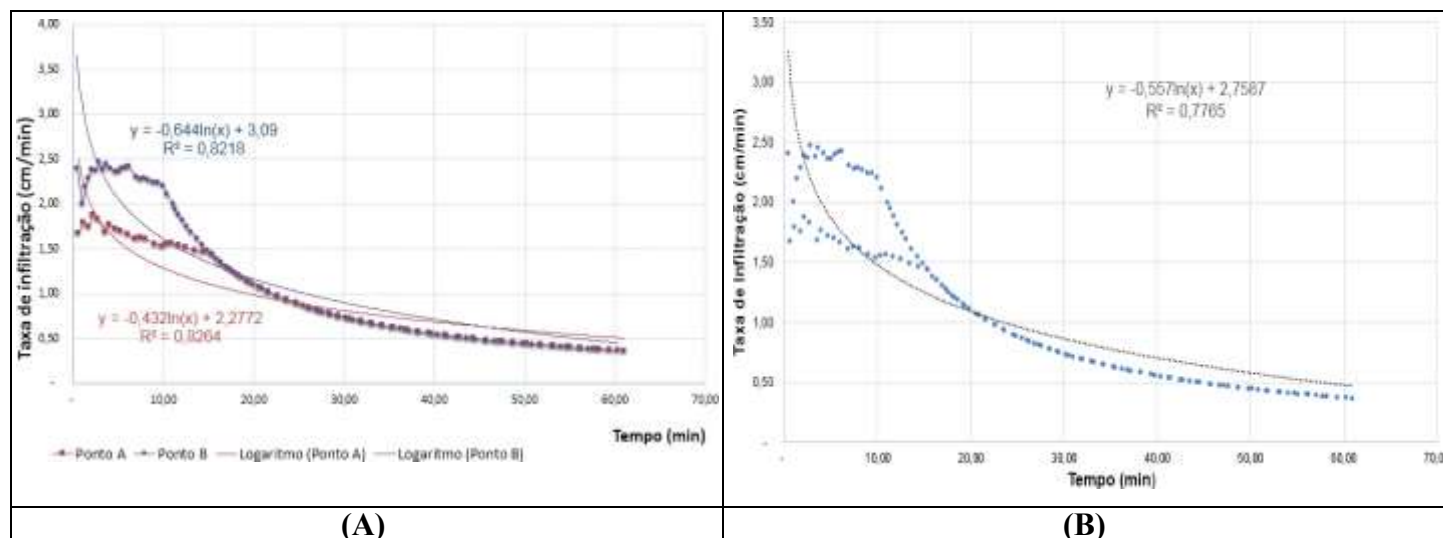


Figura 14: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Exposto Úmido no Ponto Baixo, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 14A e 14B, respectivamente
Fonte: Autoria Própria.

O coeficiente de determinação da média ficou em $R^2 = 0,7765$, sendo um bom coeficiente e uma boa relação entre ambos os pontos e em relação a taxa de infiltração e o tempo, pois, segundo Bertolo (2012), quanto mais próximo de 1,0 o valor do R^2 indica uma maior relação entre as variáveis.

Ao se comparar a taxa de infiltração de solo exposto úmido em ponto alto com o mesmo em ponto baixo percebe-se que no ponto alto a taxa de infiltração não foi muito alta, chegando a um aproximado de 0,50cm/min, decaindo 0,30 cm/min e mantendo-se constante. Já em ponto baixo em relação ao nível do mar, a taxa de infiltração chegou a passar de 2,0cm/min inicialmente, decaindo de forma gradativa com o tempo. Isso pode ser explicado, segundo Lopes (1989), porque apesar dos solos argilosos possuírem maior capacidade de retenção de água, os solos de textura fina, principalmente os muito argilosos, como é o caso do ponto alto são facilmente compactados, reduzindo o espaço poroso, limitando o movimento do ar e da água, causando escoamento superficial.

Além de analisar a infiltração do solo exposto úmido, verificou-se o mesmo em solo gramínea. No ponto alto A (Figura 15) a taxa de infiltração iniciou próximo a 0,20 cm/min e após 60 min chegou a 0,10 cm/min. Já no ponto B, deu seu início em, aproximadamente 0,25 cm/min, permanecendo ao final em 0,15 cm/min. A média entre eles, iniciou entre 0,20 e 0,25 cm/min e encerrou em 0,14 cm/min.

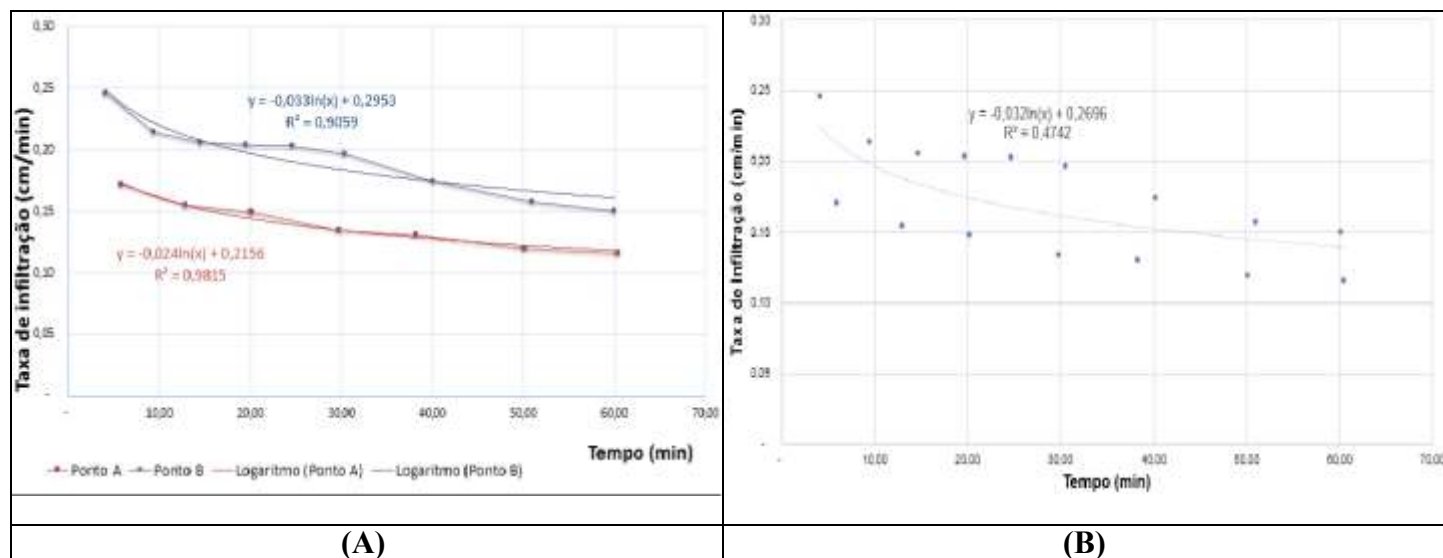


Figura 15: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Gramínea Úmido no Ponto Alto, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 15A e 15B, respectivamente.

Fonte: Autoria Própria.

Não houve muita relação entre esses dois pontos, o que pode ser verificado através do coeficiente de determinação da média de $R^2=0,4742$, ficando afastado de 1,0 o que indica baixa relação entre as variáveis. Além disso, a taxa de infiltração manteve-se baixa em ambos os pontos, o que pode ser explicado pela compactação do solo no local. Por ser gramínea e um ponto próximo a uma residência o local acaba por ser compactado pela passagem de pessoas e, esporadicamente, por servir de estacionamento para carros, independente do peso dos mesmos. Segundo Camargo e Alleoni (2006), a compactação do solo diminui a penetração radicular, a redução da aeração e alteração do fluxo de água.

Ao se analisar a infiltração em solo úmido gramínea de ponto baixo (Figura 16), no ponto A iniciou-se em 0,90 cm/min e após 60 min chegou a 0,30 cm/min. No Ponto B teve início em 0,80 cm/min, também chegando a 0,30 cm/min ao final. O que se pode observar é que a partir do minuto 30, praticamente manteve-se constante a taxa de infiltração, tanto do ponto A quanto do ponto B, sendo em 0,30 cm/min.

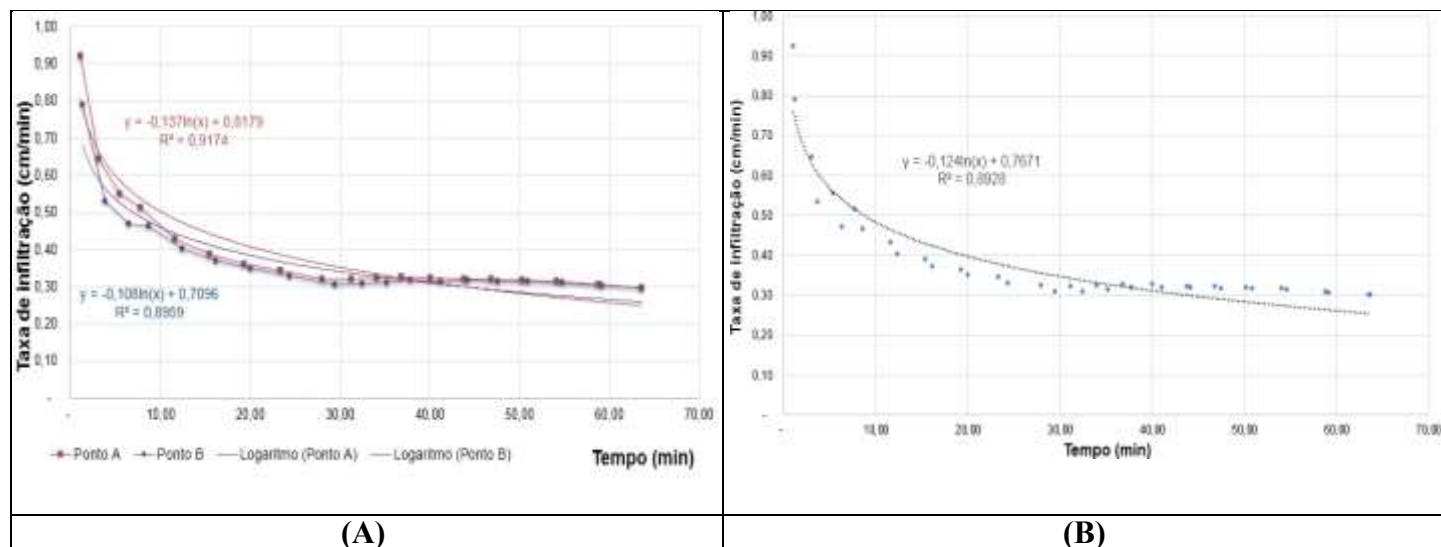


Figura 16: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Gramínea Úmido no Ponto Baixo, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 16A e 16B, respectivamente.

Fonte: Autoria Própria.

A média entre os pontos ficou de 0,80 cm/min a 0,30 cm/min e houve uma forte relação entre as variáveis, sendo verificado pelo coeficiente de determinação $R^2=0,8928$, ficando próximo a 1,0, indicando quase 90% de relação entre os eixos.

Apesar disso, a infiltração em solo gramínea úmido no ponto baixo, não obteve taxas altas quando comparado ao mesmo ponto solo exposto. Isso se explica pelo solo gramínea ser mais compactado. Tanto o ponto baixo quanto o ponto alto em gramínea, o solo é propício a passagem de pessoas, por ser bem localizado e ótimo lugar para lazer, o que acaba por compactar mais o solo e dificultar a passagem de água. Outro ponto que pode ser analisado é que em ponto baixo, mais uma vez houve uma maior taxa de infiltração comparado ao solo em ponto alto.

Entretanto, segundo Panachuki et al. (2006), solo gramínea continua sendo uma boa opção para evitar perda de solo, pois o sistema radicular das gramíneas atua como importante agente reestruturador da camada do solo, tornando o mesmo mais resistente a ação do impacto das gotas de chuva.

4.3 TESTE DE INFILTRAÇÃO APÓS UM PERÍODO SECO

Assim como realizado os testes de infiltração em períodos chuvosos, realizou-se nos mesmos locais os testes após sete dias secos. Os dados foram anotados em

planilhas e desenvolvidos gráficos no programa Excel 2013, com duas repetições em cada ponto e expondo média e coeficiente de determinação R^2 entre ambos.

Em um solo exposto ponto alto (Figura 17) a taxa de infiltração foi de 0,70 cm/min inicialmente e 0,20 cm/min após 60 min, no ponto A. Já no ponto B, a taxa iniciou em 0,80 cm/min e encerrou em 0,50 cm/min. A média entre eles permaneceu de 0,75 cm/min e 0,45 cm/min.

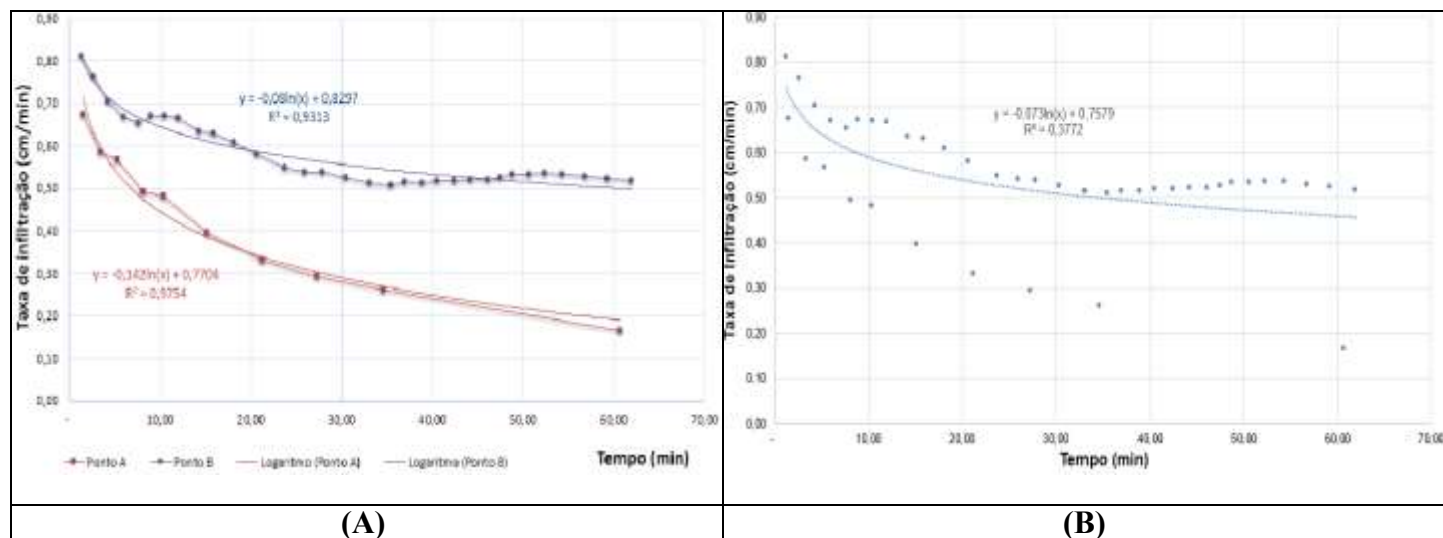


Figura 17: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Exposto Seco no Ponto Alto, pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 17A e 17B, respectivamente.

Fonte: Autoria Própria.

Houve baixa relação entre as variáveis, sendo percebido pelo coeficiente de determinação $R^2=0,3772$ que distanciou-se de 1,0. A baixa relação e a diferença entre os pontos A e B, apesar de ambos estarem em ponto alto, pode ser explicado pelo fato de que no ponto A, há um maior fluxo de pessoas, carros e animais, enquanto no ponto B, que encontra-se a aproximadamente 5 metros do anterior, isso não ocorre.

Em solo exposto seco ponto baixo A e B (Figura 18), o primeiro ponto teve taxa de infiltração inicial de 1,5 cm/min e final de 0,4 cm/min. Já no segundo ponto, a inicial ficou em 2,0 cm/min e final 0,6 cm/min. A média entre eles ficou próximo a 1,9 cm/min e 0,5 cm/min.

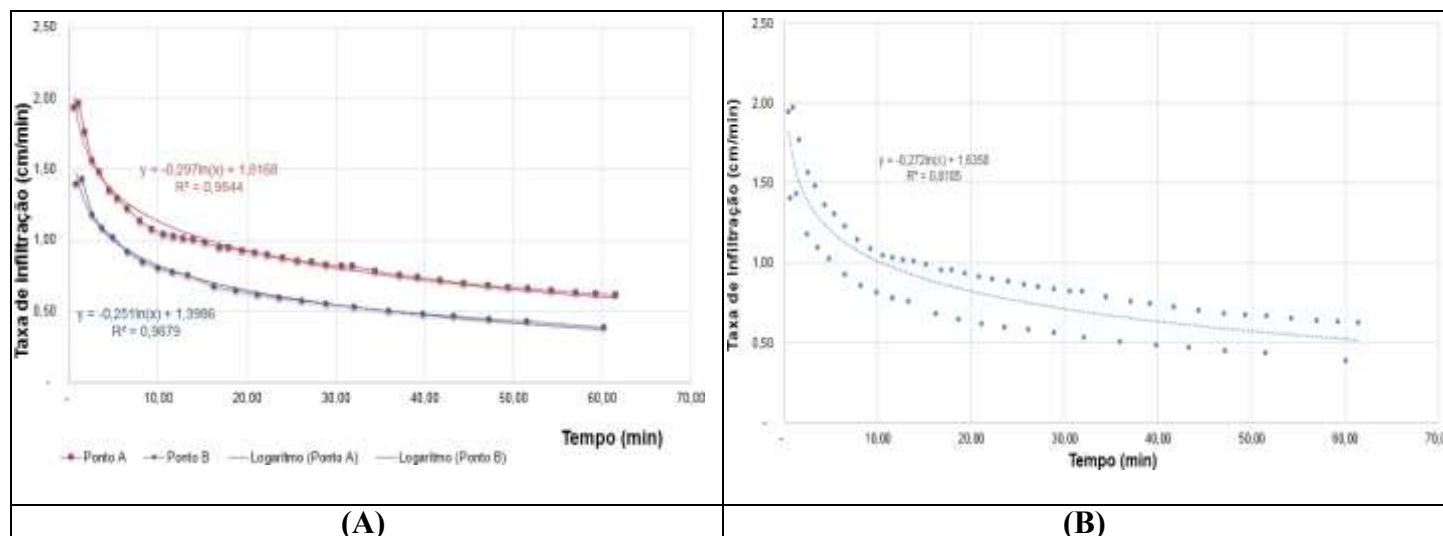


Figura 18: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Exposto Seco no Ponto Baixo, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 18A e 18B, respectivamente.

Fonte: Autoria Própria.

Apesar dos dados não serem tão próximos, ambos os pontos iniciaram com uma taxa de infiltração considerada boa e diminuíram gradativamente, sem permanecer constante até o minuto final analisado. O coeficiente de determinação $R^2=0,8185$ mostrou a relação entre as variáveis, chegando a 82% de semelhança.

O que é possível perceber, tanto em ponto alto quanto em ponto baixo, que na sua maioria, a taxa de infiltração inicial é alta e vai decaindo muito com o tempo, chegando a valores pequenos conforme a saturação do solo vai aumentando. Isso explica-se, segundo Barony e Duarte (2017), pelo fato de locais sem cobertura vegetal haver menor infiltração e maior escoamento superficial, tornando o solo mais vulnerável a erosão.

Em solo com gramínea após um período de clima seco no ponto alto (Figura 19), obteve-se um início próximo a 0,35 cm/min no ponto A e final 0,13 cm/min. Já no ponto B, iniciou-se em 0,19 cm/min e ao término 0,12 cm/min. A média entre os pontos permaneceu de 0,30 cm/min a 0,12 cm/min.

O coeficiente de determinação $R^2=0,7627$, mostrou uma boa relação entre as variáveis, ficando em 76% e estando próximo a 1,0. Ao se comparar o mesmo ponto com solo exposto e gramínea, percebe-se que em solo exposto a taxa de infiltração começou maior, porém teve um decréscimo mais acentuado, finalizando com uma taxa de infiltração bem inferior. Já em solo com gramínea, houve decréscimo não tão significativo e se manteve em taxas menores, porém mais constantes.

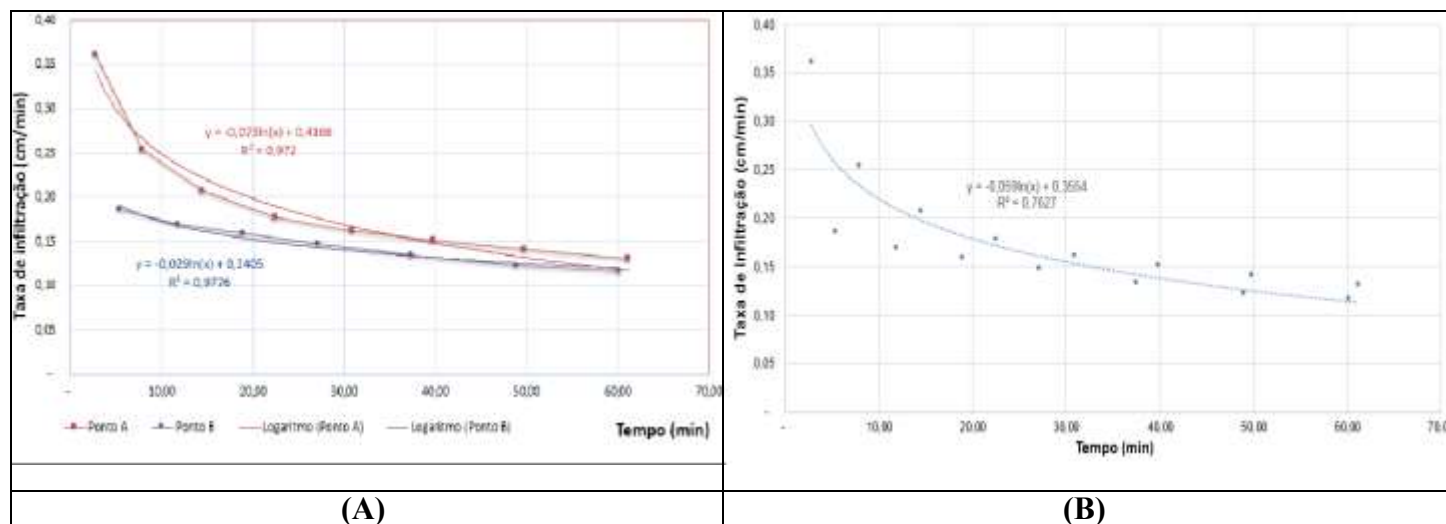


Figura 19: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Gramínea Seco no Ponto Alto, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 19A e 19B, respectivamente.
Fonte: Autoria Própria.

Ao analisar solo seco coberto com gramíneas em ponto baixo (Figura 20), obteve-se no ponto A taxa de infiltração variando pouco de 0,35 cm/min a 0,19 cm/min, em 60 min. Já no ponto B a taxa iniciou próxima a 1,0 cm/min e finalizou em 0,37 cm/min. A média entre eles foi de 0,90 cm/min a 0,28 cm/min.

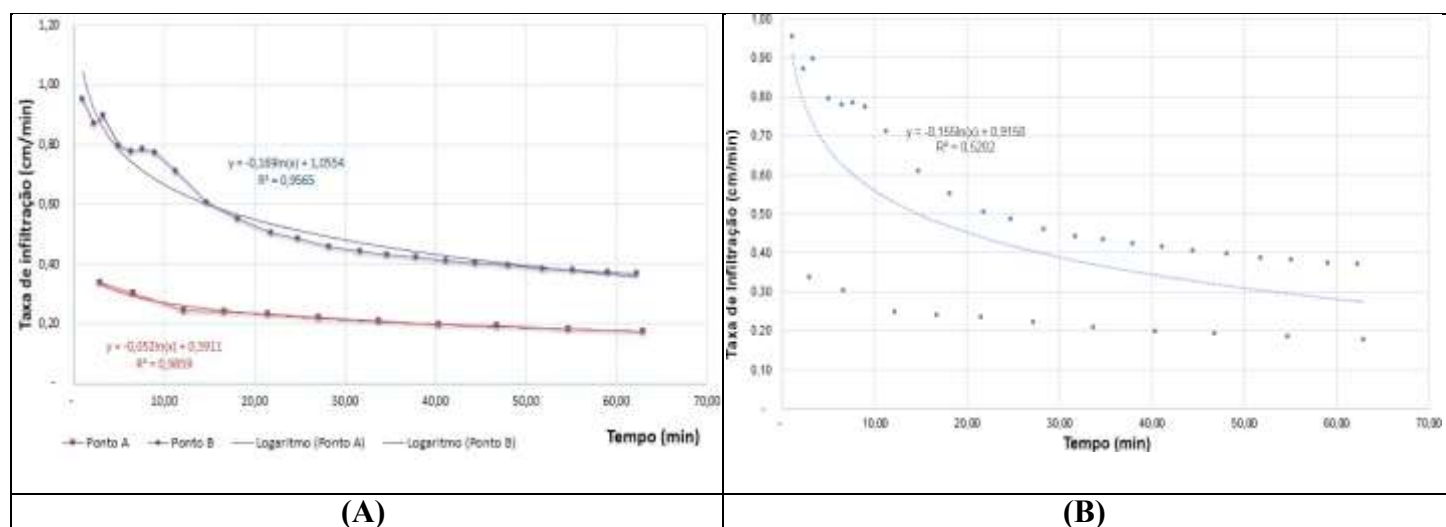


Figura 20: Gráficos Resultantes da Análise da Infiltração do Solo Gramínea Seco no Ponto Baixo, Pontos A e B, e a Média dos Resultados nos Dois Pontos, na Figura 20A e 20B, respectivamente.
Fonte: Autoria Própria.

Através do coeficiente de determinação $R^2=0,5202$ torna-se possível observar que não houve uma forte relação entre as variáveis, permaneceu-se média, em 52% e distanciando de 1,0. Podendo ser explicado, pela justificativa já citada de Camargo e Alleoni (2206), em que em um mesmo solo pode haver diferenças devido a sua compactação.

Comparando solo gramínea e solo exposto seco do mesmo ponto, observou-se mais uma vez taxas de infiltração mais constantes em solo gramínea, apesar de menores, e taxas com maior oscilação em solo exposto, começando altas e reduzindo consideravelmente com o passar do tempo.

As diferenças entre solo exposto e gramínea, segundo Mancuso et al. (2014), se dão pelo fato de que solos expostos, sem cobertura vegetal, podendo ser localizados em ruas, calçadas, até mesmo em lotes, apresentam menor capacidade de drenagem constante, sendo alta somente no início, dificultando a infiltração de águas pluviais e favorecendo o escoamento superficial.

Ao se comparar solos secos e molhados (Tabela 3), observou-se que na maior parte dos testes realizados as taxas de infiltração encontram-se maiores em solo seco. Isso pode ser explicado, pois enquanto a água infiltra na superfície do solo, as camadas superiores vão se umedecendo de cima para baixo, alterando o perfil de umidade. Enquanto ocorre a precipitação, o perfil da umidade tende a saturar em toda a profundidade (DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO, 2013).

Tabela 3: Comparativo das análises do solo

SOLO SECO					
		Inicial (cm/min)	Final (cm/min)	Variação	Estabilizou (minutos)
Solo Exposto	Ponto Alto	0,7	0,2	0,5	58
		0,8	0,5	0,3	35
Solo Exposto	Ponto Baixo	1,5	0,4	1,1	57
		2,0	0,6	1,4	52
Gramínea	Ponto Alto	0,35	0,13	0,22	56
		0,19	0,12	0,07	49
Gramínea	Ponto Baixo	0,35	0,19	0,16	33
		1,0	0,37	0,63	48
SOLO ÚMIDO					
Solo Exposto	Ponto Alto	0,54	0,38	0,16	40
		0,51	0,28	0,23	40
Solo Exposto	Ponto Baixo	2,4	0,4	2	50
		1,6	0,4	1,2	50
Gramínea	Ponto Alto	0,24	0,15	0,09	50
		0,17	0,13	0,04	40
Gramínea	Ponto Baixo	0,90	0,3	0,6	30
		0,80	0,3	0,5	38

Fonte: Autoria Própria.

Normalmente a infiltração proveniente de precipitações não possui capacidade para saturar todo o solo, fazendo isso apenas nas camadas próximas a superfície,

formando um perfil no qual o teor de umidade vai decrescendo conforme a profundidade (DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO, 2013).

4.4 GRÁFICOS DE INTENSIDADE – DURAÇÃO - FREQUÊNCIA (IDF)

Os gráficos IDF (Intensidade – Duração – Frequência) são essenciais para o dimensionamento de diversas estruturas metálicas, além de relacionar a capacidade de suporte de determinadas obras hidráulicas.

Em solo exposto úmido ponto alto e ponto baixo, observou-se o IDF com Tempo de Retorno (Tr) de 5 anos (Figura 21), o qual foi possível verificar que na cidade de Pato Branco, uma chuva mais intensa de, aproximadamente, 150 mm/h em um tempo de 5 minutos, tem um período de 5 anos para retorno e no ponto alto há capacidade de infiltração de até 350mm/h em 5 minutos e no ponto baixo a capacidade chega a até 1800mm/h nos mesmos 5 minutos. Sendo assim, há capacidade de infiltrar toda a precipitação sem ocorrer escoamentos.

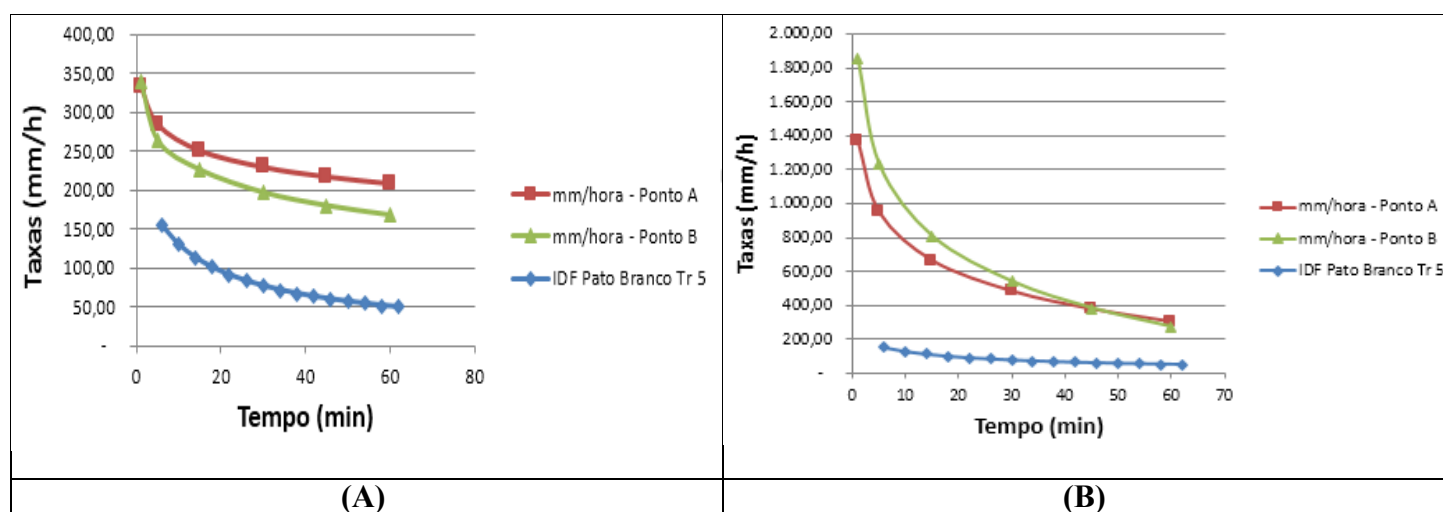


Figura 21: Gráficos Resultantes da Curva IDF com Tr de 5 anos em Solo Exposto Úmido no Ponto Alto e Ponto Baixo, Figura 21A e 21B, respectivamente.

Fonte: Autoria Própria.

É possível perceber que em ponto baixo a intensidade é muito alta e o tempo de duração é baixo. Percebe-se ao analisar os gráficos anteriores resultantes das análises de infiltração nos mesmos pontos, Figuras 12 e 13, que no ponto alto a taxa de infiltração mantém-se próxima, sem muita oscilação. Já no ponto baixo a taxa de

infiltração é maior ao iniciar as precipitações, facilitando para não ocorrer escoamentos.

Em ambos os pontos as taxas de infiltração são maiores em relação ao Tr de 5 anos, o que significa que o solo tem capacidade de infiltrar toda a precipitação que ocorrer nesse período.

Em solo gramínea úmido (Figura 22) no ponto alto a taxa de infiltração inicial fica entre 130 e 180 mm/hora, já no ponto baixo o valor é mais elevado, chegando a 500 mm/hora.

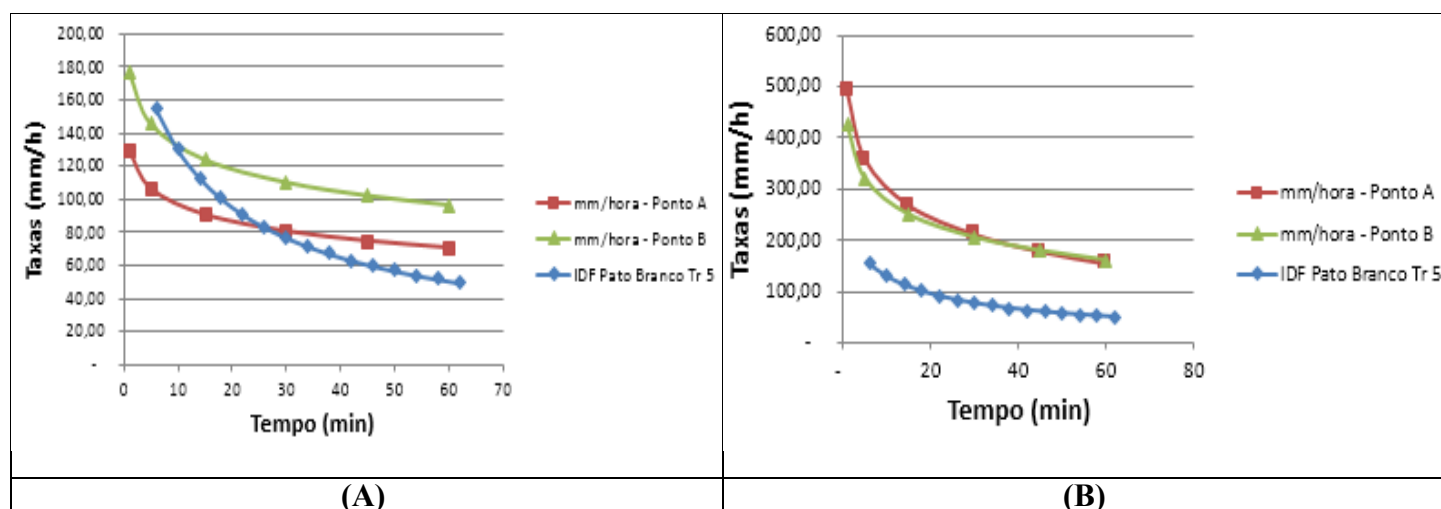


Figura 22: Gráficos Resultantes da Curva IDF com Tr de 5 anos em Solo Gramínea Úmido no Ponto Alto e Ponto Baixo, Figura 22A e 22B, respectivamente.
Fonte: Autoria Própria.

Em ponto alto pode ocorrer em até 30 min, uma maior precipitação do que a taxa de infiltração que o solo pode absorver, ou seja, em um Tr de 5 anos a precipitação em 15 minutos pode chegar a 100 mm/hora, e a capacidade de infiltração nesse mesmo tempo, varia de 90 a 120 mm/hora.

Sendo assim, o solo analisado não teria capacidade de infiltrar toda a precipitação, gerando escoamento que seria necessário ser direcionado à rede de drenagem pluvial local.

No ponto alto e baixo, solo exposto seco (Figura 23), a capacidade de infiltração, tanto inicial quanto final, foi maior que em Tr de 5 anos, facilitando as obras de drenagem, pois não é propício a escoamentos.

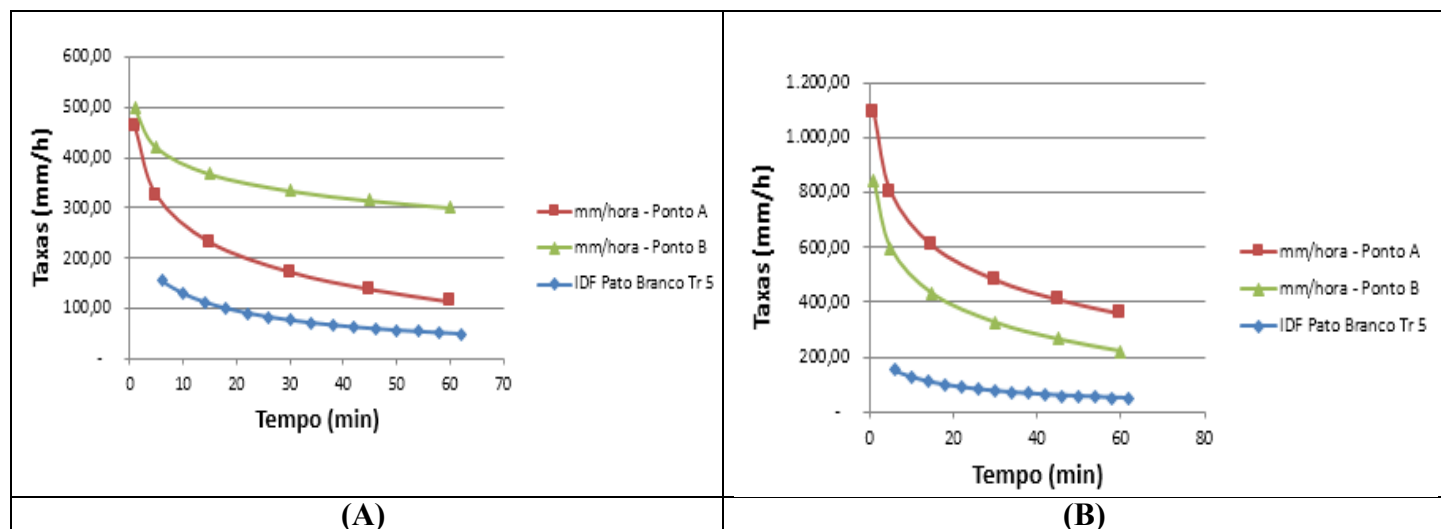


Figura 23: Gráficos Resultantes da Curva IDF com Tr de 5 anos em Solo Exposto Seco no Ponto Alto e Ponto Baixo, Figura 23A e 23B, respectivamente.
Fonte: Autoria Própria.

A capacidade de infiltração inicial em ponto alto foi de 500 mm/hora, aproximadamente e em ponto baixo ficou entre 800 e 1.110 mm/hora. Enquanto em Tr de 5 anos, fica próximo a 150 mm/hora.

Para solo gramínea seco (Figura 24), no ponto alto a capacidade de infiltração ficou próximo a 200 mm/hora, mas em 20 minutos, variou de 100 a 150 mm/hora, o que pode ocorrer um escoamento, quando comparado com o Tr de 5 anos, que nesse mesmo tempo, fica com precipitação entre 120 e 130 mm/hora.

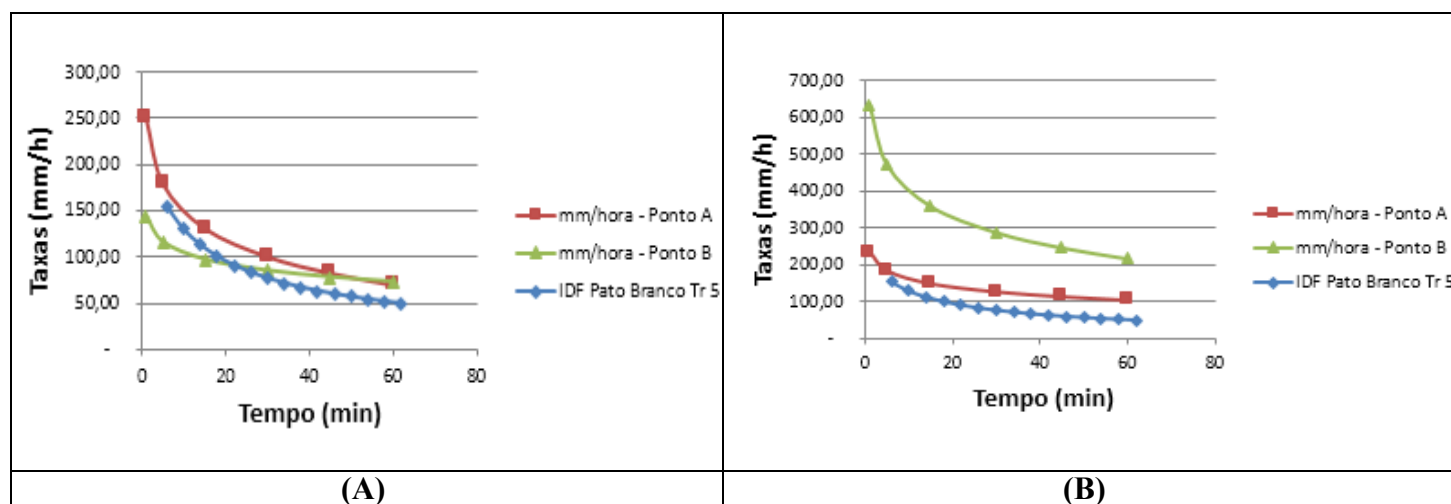


Figura 24: Gráficos Resultantes da Curva IDF com Tr de 5 anos em Solo Gramínea Seco no Ponto Alto e Ponto Baixo, Figura 24A e 24B, respectivamente.
Fonte: Autoria Própria.

Em ponto baixo, a precipitação inicial e final são sempre maiores que em Tr de 5 anos, tendo ficado em média de 400 mm/hora inicial e 150 mm/hora final. Sendo assim, não estando propício a escoamentos superficiais.

Apesar das gramíneas aumentarem a porosidade do solo, Silva et al. (2011), enfatiza que a compactação do solo, até mesmo por veículos, causa diminuição da infiltração de água no solo, o que resulta em escoamento superficial e favorece os processos erosivos. O que pode ter ocorrido nos solos estudados, pois o solo com gramínea no ponto alto encontra-se em pátio de uma residência e é utilizado por pessoas e veículos.

Em solo argiloso, segundo Oliveira (2013), apesar de suas características o tornarem de difícil permeabilidade, quando seco a infiltração pode ocorrer de forma mais acelerada comparando com outros tipos de solo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A potencialidade de infiltração de um solo não depende apenas de suas características, mas fatores como maiores intensidades de chuva, principalmente no início da precipitação, solo exposto e chuvas intensas, solos com gramínea porém compactados, resultam em taxas de infiltração diferentes e propícias a perda de água por escoamento superficial.

Foi possível identificar que em solos expostos a capacidade de infiltração inicial é maior em relação a solos com gramíneas, pelo fato de que conseguem absorver rapidamente, porém não constantemente, como ocorre em gramíneas. No solo exposto infiltra rapidamente e na mesma proporção vai saturando, já em solo com gramínea a infiltração inicial é um pouco mais lenta e mantém-se constante.

Na relação IDF em tempo de retorno de 5 anos na grande maioria os solos possuem capacidade de infiltração maior que o esperado para o retorno das chuvas, desta forma não gerando escoamentos superficiais.

Os solos com textura mais fina, os argilosos e muito argilosos, são facilmente compactados. Quanto mais fino mais compactado e conseqüentemente reduz o espaço poroso e limita o movimento do ar e da através do solo.

Os solos do ponto alto (924m de altitude), são classificados como muito argilosos, desta forma mais fáceis de compactar que os solos argilosos, ponto baixo (785m de altitude), e acabam por gerar escoamento superficial. Podendo ser verificado que a água, em quase sua totalidade, infiltrou mais rapidamente em ponto baixo e, nesse caso, ocorrerá uma menor perda por escoamento superficial.

Manejo adequado do solo com plantio de espécies vegetais, não compactação principalmente em maiores elevações, são fatores que contribuem para o retardo do escoamento superficial de água no solo. Esse estudo serve como base para uma melhoria na conservação do solo em suas diferentes altitudes.

REFERÊNCIAS

ANA - Agencia Nacional de Águas. **Teste do infiltrômetro de anel**. Disponível em: <<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/134>> Acesso em: 03 nov. 2017.

BARONY, José de A.; DUARTE, Wilton R. **Produção de água: quantificação da infiltração e escoamento superficial em parcelas coletoras**. 2017. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/VIII-038.pdf>> Acesso em: 19 de maio de 2018.

BERNARDO, Salassier; SOARES, Antonio Alves; MANTOVANI, Everardo Chartuni. **Manual de irrigação**. 8 ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006.

BERTOL, Oromar J.; et al. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira Ciência de Solo**. 2007, vol.31, n.4, pp.781-792.

BERTOLO, Luiz A. **Um manual de estatística**. 2012. Disponível em: <http://www.bertolo.pro.br/AdminFin/StatFile/Manual_Estatistica.htm> Acesso em: 15 de maio de 2018.

BERTONI, José; NETO, Francisco L. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BORTOLI, Marlene M, **A Pesquisa. Livro 2**. Disponível em: <<http://ead.utfpr.edu.br/moodle3/mod/book/view.php?id=266&chapterid=364>> Acesso em: 30 de out. de 2017.

CAMARGO O.; et al. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Instituto Agrônomo. São Paulo, 2009.

CAMARGO de, Otávio A.; Alleoni, Luís R.F. **Reconhecimento e medida da compactação do solo**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/C6/Index.htm>. Acesso em: 15 de maio de 2018.

CAMARGO de, Otávio A.; ALLEONI, Luis R.F. **Efeitos da compactação em atributos do solo**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C4/Comp4.htm>>. Acesso em: 19 de maio de 2018.

CAMARINHA, Pedro. I. M. **Mapeamento do potencial de infiltração como subsídio ao planejamento de mi-crobasias de cabeceira. Uma proposta metodológica utilizando geotecnologias.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP). Bauru, p. 120. 2011.

CAUDURO, F.A.; DORFMAN, R. 1988. **Taxa de infiltração. Manual de ensaio de laboratório e de campo para irrigação e drenagem.** Porto Alegre: PRONI-IPH – UFRGS, pp. 159-174.

CIRAM, Epagri. 2018. Disponível em: < <http://www.ciram.sc.gov.br/agroconnect/>> Acesso em: 13 de abr. de 2018.

DIAS, Carlos. **Solo brasileiro agora tem mapeamento digital.** 2014. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2062813/solo-brasileiro-agora-tem-mapeamento-digital>> Acesso em: 13 de abr. de 2018.

DOMINGOS, Thiago A.; LIMA, Rosimeire M. S. R. **Planejamento urbano e ambiental.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2014.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina.** 2004. Disponível em:<http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Alev_sc_estado_solos_lat_long_wgs84> Acesso em: 13 de abr. de 2018.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. V.46. 2004.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 1999.

FAGUNDES, Eliane A.A.; et al. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de Cerrado no município de Rondonópolis – MT. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p.369, 2012.

GATIBONI, Luciano Colpo. **Propriedades Químicas do Solo.** 2003. Disponível em:<www.agronomiaufs.com.br/index.php/material-de-aula/category/55-210404-fisica-do-solo?download=253%3Afertilidade-do-solo-quimica-do-solo-classificacao-do-solo-material-enviado-pelo-prof-propriedades-quimicas-do-solo> Acesso em: 31 de mai. de 2018.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed., Atlas, São Paulo, 2002.

GOOGLE Maps. São Lourenço do Oeste – SC. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-26.3633474,52.8529629,705m/data=!3m1!1e3?dcr=0> Acesso em: 02 de nov. de 2017.

INFILTRAÇÃO. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal da Bahia, 2013, p.47.

JORGE, José A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.

LIMA, Valmiqui C.; LIMA, Marcelo R.; MELO, Vander F. **O solo no meio ambiente**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007.

LOPES, Alfredo S. **Manual de Fertilidade do solo**. Anda/Potafos. São Paulo, 1989.

MANCUSO, Malva A. et al. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**. Santa Maria, 2014. v. 14, n.1, p. 2890-2998.

OLIVEIRA, Nayane de S. Água no solo arenoso e argiloso utilizando o método de anel simples no município de Conceição do Araguaia – PA. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Salvador – BA. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2013.

PANACHUKI, Elói et al. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, 2006. v.10, n.2, p.261-268.

PREFEITURA DE SÃO LOURENÇO DO OESTE. Disponível em: <http://www.saolourenco.sc.gov.br/municipio/2> Acesso em: 01 de nov. de 2017.

SCHMIDT, Carla A. P, **Drenagem e Controle da Erosão Urbana. Livro 3**. Disponível em: <http://ead.utfpr.edu.br/moodle3/mod/book/view.php?id=158&chapterid=4584> Acesso em: 30 de out. de 2017.

SILVA, Edna M. Bonfim, et al. Compactação do solo na cultura do trigo em latossolo do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer. 2011, Goiânia, vol. 7, n.12, p. 1 – 8.

SOBRINHO, Teodorico A.; et al. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.7, n.2, p.191-196, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. Disponível em:<
http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=livro10_calculos_hidrologicos-ler.pdf>
Acesso em 03 de nov. de 2017.

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**/ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. Curitiba: UTFPR, 2008.122 p.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Tabela para dados de infiltração coletados em campo

Coletados a campo			Diferença do posterior menos o anterior		
Bloco:					
Cobertura do solo:					
Tempo (min)	Lâmina (mm)	Reposição de água na lâmina (mm)	Variação de tempo (min)	Variação da Lâmina (mm)	Divisão da variação da lâmina pela variação do tempo (mm/min)
0					
2					
4					
6					

ANEXOS

ANEXO 1 – Resultados de análises físicas e químicas do solo Ponto Alto (1) e Ponto Baixo (2)

 Ministério da Educação Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco Coordenação de Agronomia	 Governo do Estado do Paraná Secretaria de Agricultura e Abastecimento Instituto Agronômico do Paraná
---	---

Laudo de Análise de Solo

Solicitante: Bruna Pozzan - Prof. Carla	Laudo: 7939	Amostra: 330
Endereço:	Data: 10/05/2018	
Propriedade: - UTFPR Med - PR		
Talhão: 1 - 01	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: Pesquisa UTFPR	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	37,53	1,26	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	5,10
	MO gdm ⁻³	P mgdm ⁻³	K cmol _c dm ⁻³	Cu mgdm ⁻³	Fe mgdm ⁻³	Zn mgdm ⁻³	Mn mgdm ⁻³	pH CaCl ₂

OBS: K(mgdm³): 254,15

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	6,00	0,00	4,96	7,30	3,80	11,75	70,32	0,00
	Índice SMP	Al ³⁺ cmol _c dm ⁻³	H+Al cmol _c dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	SB cmol _c dm ⁻³	V (%)	Sat. Al (%)





Metodologias: M.O. por digestão úmida; P, K, Cu, Fe, Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em CaCl₂ 1:2,5
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹

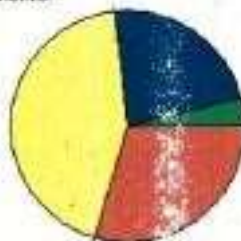
Análise Granulométrica		
Argila (%): 77,00	Areia (%): 4,80	Silte (%): 18,20

Esse solo é classificado como do tipo 3, de acordo com instrução normativa número 2, de 09 de Outubro de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Porcentagem dos valores em relação a CTC



Valor de CTC = 16,71

K:	3,89 %	
Mg:	22,74 %	
Ca:	43,69 %	
H+Al:	29,68 %	




 Dr. Luis César Cassol
 Engenheiro Agrônomo
 CRFA/PR 120.077/0
 UTFPR - Campus Pato Branco



 Ministério da Educação Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Fato Branco Coordenação de Agronomia	 Governo do Estado do Paraná Secretaria de Agricultura e Abastecimento Instituto Agronômico do Paraná
--	--

Laudo de Análise de Solo

Solicitante: Bruna Pozzan - Prof. Carla	Laudo: 7939	Amostra: 331
Endereço:	Data: 10/05/2018	
Propriedade: - UTFPR Med - PR	Profundidade: 0 a 20 cm	
Talhão: 2 - 02	Nº Matrícula: 0	
Técnico: Pesquisa UTFPR		

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	25,46	3,61	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	5,10
	MO gdm ⁻¹	P mgdm ⁻¹	K cmol _c dm ⁻¹	Cu mgdm ⁻¹	Fe mgdm ⁻¹	Zn mgdm ⁻¹	Mn mgdm ⁻¹	pH CaCl ₂

OBS: K(mgdm⁻¹): 109,48

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	5,80	0,00	5,76	11,60	6,30	16,18	75,94	0,00
	Índice SMP	Al ³⁺ cmol _c dm ⁻¹	H+Al cmol _c dm ⁻¹	Ca cmol _c dm ⁻¹	Mg cmol _c dm ⁻¹	SB cmol _c dm ⁻¹	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida, P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - 1; pH em CaCl₂ 1:2,5
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹

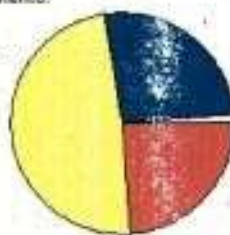
Análise Granulométrica		
Argila (%): 65,00	Areia (%): 15,90	Silte (%): 28,10

Esse solo é classificado como do tipo 3, de acordo com instrução normativa número 2, de 09 de Outubro de 2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 23,94

K: 1,17 %
 Mg: 26,32 %
 Ca: 48,45 %
 H+Al: 24,06 %




 Dr. Luiz César Cassol
 Diretor Técnico Agrônomo
 CDA 9496 (10/11/1993)
 UTFPR - Campus Fato Branco

Laboratório de Análises de Solo UTFPR/MPAR, Via de Acesso ao Centro, Km 01, CEP 86030-360, Fato Branco-PR.
 Fone/Fax: (41) 3229-2539

