

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MAYRA DO VALE ARAVECHIA

**ANÁLISE DA DRENAGEM URBANA E DA ERODIBILIDADE DO  
SOLO DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ – CAMPUS CAMPO MOURÃO**

CAMPO MOURÃO

2019

MAYRA DO VALE ARAVECHIA

**ANÁLISE DA DRENAGEM URBANA E DA ERODIBILIDADE DO  
SOLO DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ – CAMPUS CAMPO MOURÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer

CAMPO MOURÃO

2019



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**ANÁLISE DE DRENAGEM URBANA E DA ERODIBILIDADE DO SOLO DA  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CAMPO  
MOURÃO**

por

**Mayra do Vale Aravechia**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13h40min do dia 04 de julho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Ewerton Clayton  
Alves da Fonseca**  
( UTFPR )

**Maiko Cristian Sedoski**  
( UTFPR )

**Prof. Helton Rogério Mazzer**  
(UTFPR)  
**Orientador**

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

**Prof. Dr. Paula Cristina de Souza**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

Dedico este trabalho as minhas avós, Luiza e Maria Aparecida, que sempre me apoiaram, me incentivaram a perseguir meus sonhos, por serem meu maior exemplo de mulheres guerreiras e vitoriosas. Espero honrar todos esses anos de dedicação incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada disso poderia acontecer.

Aos meus pais, João Carlos Aravechia e Rosa Inês do Vale, e minha irmã Inara do Vale Aravechia, pelo apoio incondicional, sempre me motivando a persistir nos meus sonhos, pelo esforço empregado para me manter longe de casa, pelo carinho mesmo estando distantes, e pelo amor sempre presente.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram, me acolheram e me distraíram em momentos difíceis, em especial, a Jéssica, que desde o começo do curso ajudou, apoiou e aguentou, todos os surtos, medos e dúvidas durante esse período, sendo muitas vezes o porto seguro em meio ao meu caos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer, pelos ensinamentos transmitidos, pela paciência e conselhos, pela liberdade que foi proporcionada e pela confiança em meu trabalho.

A todos os professores e técnicos, que fizeram parte da minha graduação, pelo empenho e dedicação transmitido, para que pudesse me tornar uma profissional capacitada.

## RESUMO

ARAVECHIA, M. V. **Análise de Drenagem Urbana e da Erodibilidade do Solo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão: 2019.

O presente trabalho teve como objetivo estimar as perdas de solo decorrentes de erosão hídrica nos arredores calçamento de entrada da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão e compará-la com dados da literatura proposta por Bertoni & Lombardi Neto, como forma de auxiliar na identificação da gravidade da erosão presente no local e a necessidade de proposições de novos sistemas de drenagem urbana. O estudo foi realizado utilizando dados estatísticos anuais dos últimos vinte e quatro anos e mapas dos fatores da equação universal de perdas do solo revisada (RUSLE) para proceder à estimativa de perda. O valor da perda do solo por erodibilidade para Latossolo Vermelho foi de 9,42 ton/ha, que segundo a literatura utilizada, não determina um risco de estabilidade para as fundações próximas ao local, sendo os parâmetros de perda máximos entre 10,9 a 12,5 ton/ha. Pelo resultado obtido, baseada em diversos autores, não ocorre a necessidade de implementar um novo sistema de drenagem urbana, em contrapartida, ao se levar em consideração o perfil estético e o conforto de quem lá trafega, um sistema adjacente seria indicado para reverter o problema.

**Palavras-chave:** Erodibilidade, Equação Universal da Perda de Solo Revisada, Erosão, UTFPR.

## ABSTRACT

The objective of this study was to estimate soil losses due to water erosion in the surroundings of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão Campus, and to compare it with data from the literature proposed by Bertoni & Lombardi Neto, as a way to assist in identification of the severity of erosion present on the site and the need for propositions of new urban drainage systems. The study was performed using annual statistical data of the last twenty-four years and maps of the factors of the universal revised soil loss equation (RUSLE) to estimate the loss. The value of soil loss by erodibility for Red Latosol was 9.42 ton / ha, which, according to the literature, does not determine a stability risk for foundations close to the site, with maximum loss parameters between 10.9 a 12.5 ton / ha. The result obtained, based on several authors, does not occur the need to implement a new urban drainage system, in contrast, when considering the aesthetic profile and the comfort of those who travel there, an adjacent system would be indicated to revert the problem.

**Keywords:** water erosion, revised universal Soil Loss equation, Erosion, UTFPR.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Perfil do Solo .....	15
Figura 2 - Perfil Estratigráfico do Território Paranaense - Direção NW.....	16
Figura 3 - Separação dos Planaltos Paranaenses segundo MAACK, 1968. ....	16
Figura 4 - Erosão por Salpicamento.....	19
Figura 5 - Erosão em Sulcos .....	21
Figura 6 - Vista Lateral da Área Analisada.....	25
Figura 7 - Vista Frontal da Área Analisada .....	26
Figura 8 - Detalhe do Processo de Erosão da Área Analisada .....	26
Figura 9 - Classificação do Solo do Município de Campo Mourão .....	27
Figura 10 - Mapa da Vegetação do Estado do Paraná.....	28
Figura 11 - Mapa Climático do Estado do Paraná.....	29
Figura 12 - Ilustração de Nomograma para determinação do fator K.....	31
Figura 13 - Fator LS da Equação de Previsão de Perdas de Solo para várias combinações de grau de declive e comprimento de rampa.....	32



## **LISTA DE SIGLAS**

AGUASPARANÁ – Instituto das Águas Paraná.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná.

RUSLE – Equação Universal da Perda de Solo Revisada.

SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

USLE – Equação Universal da Perda de Solo.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 Solo do Paraná</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Processos Erosivos</b> .....	<b>17</b>
3.2.1 Erosão como Fenômeno de Desgaste Superficial.....	17
3.2.1.1 Erosão Hídrica.....	18
3.2.1.1.1 Erosão por Salpicamento (Splash).....	18
3.2.1.1.2 Erosão Laminar .....	19
3.2.1.1.3 Erosão em Sulcos .....	20
3.2.2 Erodibilidade do Solo.....	21
3.2.3 Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE).....	22
<b>3.3. Drenagem Urbana</b> .....	<b>23</b>
<b>4 METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1 Caracterização dos aspectos físicos do local</b> .....	<b>25</b>
4.1.1 Solo e Relevo .....	25
4.1.2 Vegetação .....	28
4.1.3 Clima .....	28
<b>4.2 Equação Universal da Perda de Solo Revisada (RUSLE)</b> .....	<b>29</b>
4.2.1 Fatores da RUSLE .....	29
4.2.1.1 Erosividade da Chuva (Fator R) .....	29
4.2.1.2. Erodibilidade do Solo (Fator K).....	30
4.2.3 Comprimento e grau de declive (Fator LS).....	32
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>
<b>ANEXO A – Tabelas</b> .....	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Drew (1986), o solo é uma das maiores fontes de energia para todos os seres vivos presentes na Terra, sendo assim, o mesmo precisa de um equilíbrio dinâmico com os fatores que determinam suas características, tais como: material de origem, topografia, clima, etc., o não equilíbrio de seus constituintes pode desencadear processos de degradação, ainda que tais mudanças variem de solo para solo, em função as suas características físicas, químicas e biológicas. As alterações no solo podem ser naturais, como o aumento ou diminuição de precipitação, ou por ações antrópicas, como a urbanização acelerada. Tais alterações começaram a provocar modificações nas camadas superficiais da crosta terrestre.

Com a evolução da humanidade e a construção das primeiras cidades e o crescimento populacional desenfreado ao longo dos córregos, o principal foco estava em conter as chuvas fazendo com que os volumes gerados fossem drenados da forma mais rápida e eficaz, em direção a jusante. Impermeabilizar o solo através da pavimentação e canalizar os córregos, eram algumas das soluções encontradas para que a água proveniente das chuvas escoasse o mais rapidamente possível para longe das cidades. Esse princípio funcionava muito bem a princípio, enquanto as cidades fossem pequenas, com o crescimento destas, os efeitos dessa prática se mostraram extremamente nocivos ao solo e a sua drenagem hídrica. Com a impermeabilização ficava impossível o solo absorver água, assim essa enxurrada escoava até um ponto de encontro, onde se acumulava, originando assim as primeiras inundações.

Esse acúmulo começou a desencadear um processo de erosão, processo que segundo Bastos (2004) “A erosão é o processo pelo qual há remoção de uma massa de solo de um local e transporte e conseqüente deposição em outros”, ou seja o escoamento e acúmulo de água é capaz de causar a perda das camadas superficiais do solo, prejudicando as produções agrícolas e causando desabamentos e acidentes na área da construção civil.

Com o contínuo crescimento demográfico esse processo de erosão continua se agravando de forma incontrolável, até as menores áreas estão sujeitas a enfrentar dificuldades perante esse problema. O uso indiscriminado do solo, pela ação do homem, sem a mínima preocupação com a conservação e o manejo do mesmo, degradou de forma irreversível, áreas antes tidas como nobres e produtivas, degradarem a estágios irreversíveis.

Com o incremento da consciência ecológica, nos diversos setores da população, a busca por metodologias que visem a redução dos impactos ambientais provenientes da ação humana, passou de ser uma opção para ser uma necessidade de sobrevivência. Desta forma as pesquisas sobre erosão e o desenvolvimento de sistemas hidráulicos urbanos mais eficientes cresceu, e novas metodologias de análise de erodibilidade foram desenvolvidas, entre elas a RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), modelo utilizado neste trabalho.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho objetiva a realização de um levantamento de informações sobre uma possível erosão do solo próximo ao calçamento de entrada da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no campus de Campo Mourão. Por meio da Equação Universal da Perda de Solos, será determinada a sua erodibilidade característica, está definirá, através dos parâmetros propostos por Bertoni & Lombardi Neto sobre a tolerância da perda de solo, se o local necessita de uma reformulação do sistema de drenagem urbana no local.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar se o solo próximo ao calçamento de entrada da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no campus de Campo Mourão, por meio da Equação Universal de Perda do Solo (RUSLE), apresenta erodibilidade acima do valor recomendado, conforme determinado por Bertoni & Lombardi Neto (2005);
- Se a perda de solo estiver fora dos parâmetros determinados, analisar a drenagem urbana presente no local, concluindo se existe a necessidade de propor um sistema adjacente de drenagem.

## 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 Solo do Paraná

Conforme Bertoni e Lombardi Neto (2005) “O solo é um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal de terra, sem a qual os seres vivos não podem existir. Nessa cobertura, incluem-se não só as culturas como, também, todos os tipos de árvores, gramíneas, raízes e herbáceas que podem ser utilizadas pelo homem.”

“Os solos são materiais que resultam do intemperismo ou meteorização das rochas, por desintegração mecânica ou decomposição química.” (Caputo, 1988, p.14), apesar de sempre estar presente no cotidiano da humanidade, seja nas plantações ou como base para a construção civil, o solo só foi caracterizado como é conhecido hoje pelo então cientista russo Vassilii Vasil’evich Dokuchaev, que dedicou a sua vida para pesquisar sobre como o solo é uma estrutura complexa que sofre mudanças causadas tanto por fatores climáticos como topográficos.

Para a engenharia, Maciel Filho *et al.* (2014, p. 135, *apud* Terzaghi e Peck, 1969), consideram que a rocha é um agregado de minerais ligados por forças coesivas e permanentes, já o solo, o contrário, é um agregado natural de grãos minerais que podem ser separados por meios suaves, como por exemplo a agitação em água. Segundo Oliveira e Brito (1998), o estudo do solo depende do enfoque científico ao qual se tem interesse. Para a engenharia civil, o solo é um material que pode ser escavado e que perde resistência em contato com a água.

Segundo a Embrapa (2018) o solo é uma coleção de corpos naturais, formados por partes sólidas, líquidas e gasosas, dinâmicos, tridimensionais, constituídos de materiais orgânicos e minerais que formam a maior parte do manto superficial terrestre, essa coleção está dividida em camadas e/ou horizontes, estas se distinguem através do material de origem, com suas perdas, transformações, passagem do tempo e a influência do clima, organismos e relevo. As camadas, são pouco afetadas pelos processos de formação, mantendo as características do material de origem. Os horizontes refletem os processos pedogenéticos a partir de sedimentos de natureza diversa ou intemperismo do substrato rochoso.

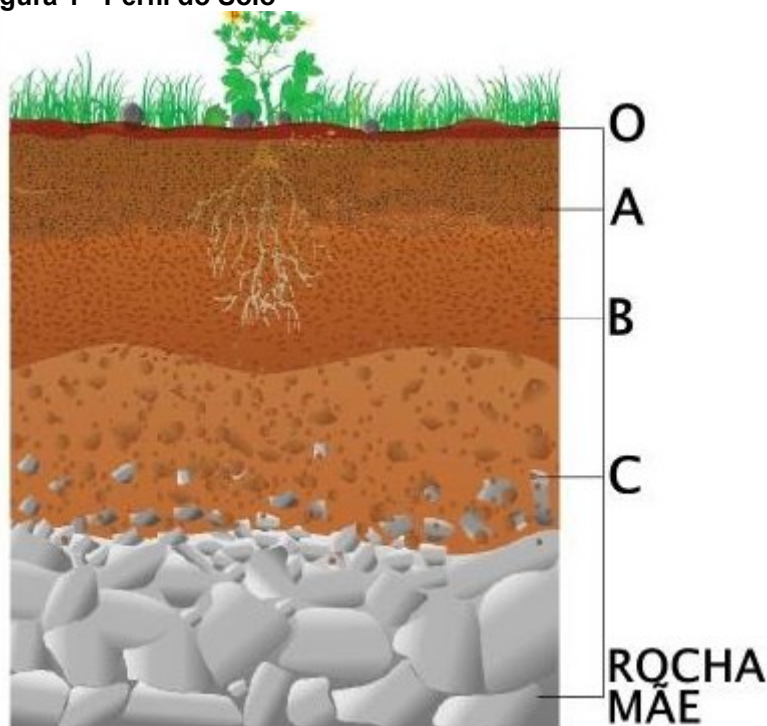
Por **horizonte** do solo deve-se entender uma seção de constituição mineral ou orgânica, à superfície do terreno ou aproximadamente paralela a esta, parcialmente exposta no perfil e dotada de propriedades

geradas por processos formadores do solo que lhe confere características de inter-relacionamento com outros horizontes componentes do perfil, dos quais se diferencia em virtude de diversidade de propriedades, resultantes da ação da pedogênese (DITZLER *et.al.*, 1962, tradução nossa).

Por serem gerados por processos distintos, os horizontes podem variar quanto à cor, tipo de estrutura, espessura, textura, entre outras características. Tais diferenciais foram utilizados para classificar os tipos de solos.

Como os horizontes são os afetados pela erosão serão os utilizados nesse trabalho. Na figura 5 observa-se um perfil de solo com seus horizontes:

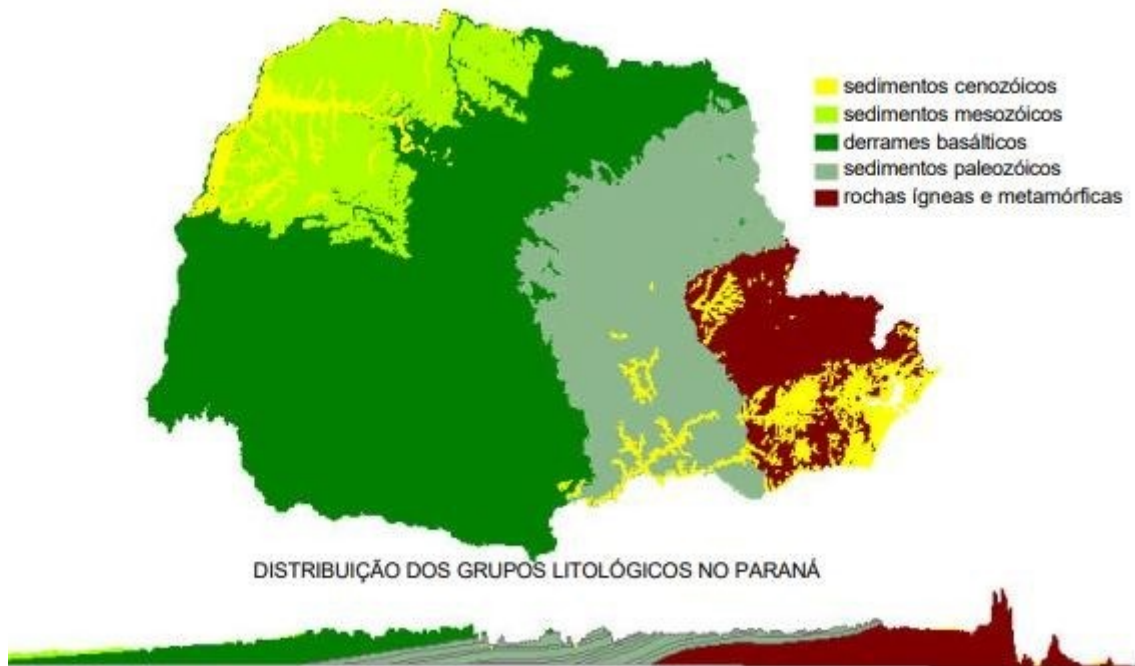
**Figura 1 - Perfil do Solo**



**FONTE: Brasil Escola (2019).**

Alguns atributos podem ser utilizados para classificação dos solos, como os materiais encontrados, tais como material orgânico e mineral, ou a mudança textural abrupta dos horizontes, a presença de certos tipos de elementos químicos, entre outros fatores.

**Figura 2 - Perfil Estratigráfico do Território Paranaense - Direção NW**

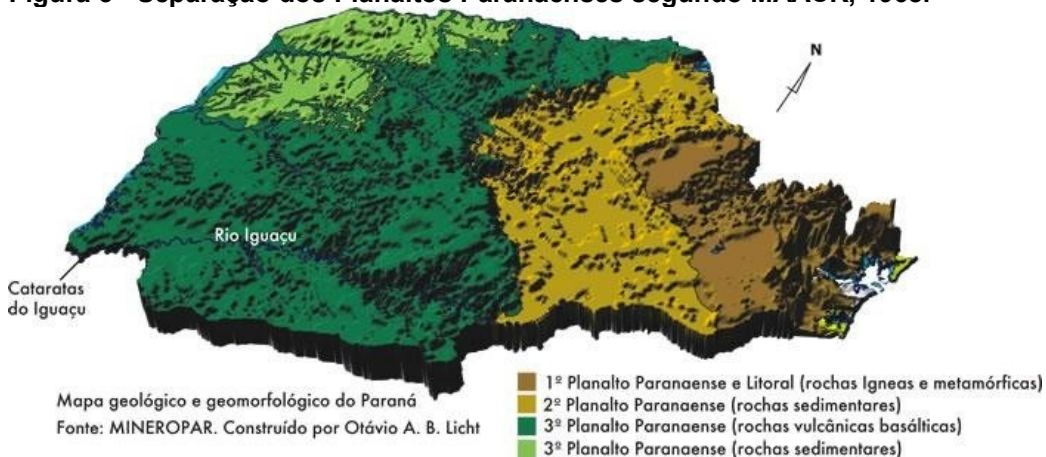


**FONTE: MINEROPAR (2001)**

O território paranaense pode ser dividido em duas principais partes, o Escudo, área mais avermelhada do mapa, e o restante que se denomina Bacia do Paraná, onde a cidade de Campo Mourão está localizada.

Durante a Era Pré-Cambriana, as rochas mais antigas, localizadas na costa do Estado do Paraná, formaram os agrupamentos chamados de “escudos cristalinos brasileiros”, encontrados no Primeiro Planalto e na Serra do Mar. Já durante a Era Mesozoica, o clima do Terceiro Planalto, que a princípio era árido, formou um extenso deserto no sul do Brasil, que deixou como vestígio o arenito Botucatu, que intercalado a este vieram os derrames basálticos. A decomposição dessas lavas deu origem aos solos férteis conhecidos popularmente como “terra roxa”.

**Figura 3 - Separação dos Planaltos Paranaenses segundo MAACK, 1968.**





Utilizando a classificação da formação geológica do Paraná, proposta por MAACK (2002), demonstrado na figura 3, temos quatro planaltos distintos, sendo eles:

- 1º Planalto Paranaense e Litoral, que compreende a zona litorânea, Serra do Mar.
- 2º Planalto Paranaense ou Planalto de Ponta Grossa.
- 3º Planalto Paranaense ou Planalto de Guarapuava, é a mais extensa unidade de relevo do estado, sendo este dividido entre área de rochas vulcânicas basálticas e rochas sedimentares.

### 3.2 Processos Erosivos

#### 3.2.1 Erosão como Fenômeno de Desgaste Superficial

“Erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento.” (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Conforme Zachar apud Silva *et.al.* (2007) o termo erosão teve origem do verbo em latim *erodere* (escavar). As ciências ambientais definem erosão como o arrastamento e/ou desgaste da superfície terrestre por diversos agentes geológicos, como a água corrente, o vento, o gelo entre outros. É considerada um dos principais fenômenos geológicos que acontecem na Terra, pode ser classificada em dois grandes grupos, a erosão acelerada e a erosão geológica. Está última é conhecida como erosão natural, acontece pelo desgaste da superfície terrestre pela água, gelo ou outros agentes naturais, relacionado ao clima e a vegetação do ambiente, estabelecendo o ciclo natural de erosão.

A erosão acelerada, ou antrópica, acontece mais rapidamente que a natural, sendo a ação do ser humano o principal constituinte da deflagração dos processos erosivos, rompendo o equilíbrio natural existente no solo, como por exemplo, o impacto inicial, causado pelo desmatamento, rompe o equilíbrio natural do meio físico, sendo assim, a erosão acelerada toma o lugar da erosão natural que ocorreria por meio da evolução da paisagem(SILVA *et.al.*, 2007).

Conforme Bertoni & Lombardi Neto (2005), algumas condições do terreno interferem no processo erosivo, sendo algumas delas: a capacidade de infiltração de água no solo, rugosidade superficial, resistência à ação erosiva da chuva, a declividade e o percentual de cobertura vegetal.

A movimentação do solo causada pela erosão pode ter um resultado desastroso: grandes desabamentos de encostas, assoreamento de rios e riachos, poluição do meio ambiente e destruição da fauna e flora existente, são apenas alguns exemplos de desastres devido a erosão.

Bertoni & Lombardi Neto (2005) classificam as erosões em três tipos principais, Geológica, Hídrica e Eólica. Por tratar-se de uma análise de erodibilidade por precipitação, será utilizada apenas a erosão hídrica.

### 3.2.1.1 Erosão Hídrica

Constituída por um processo ocasionado pela água, a erosão hídrica, sofre influência pelas características do solo, vegetação, uso/manejo e principalmente pela precipitação pluviométrica. Consiste na perda de partículas de material do solo e seus nutrientes, é um dos principais processos de empobrecimento do solo, reduzindo a produtividade e sua resistência.

“A erosão causada pela água pode ser das seguintes formas: laminar, em sulcos e voçorocas” (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Todas as formas podem ocorrer simultaneamente na mesma área. Essa classificação, apesar de ser a mais apropriada, omite a erosão por impacto da chuva, ou salpicamento, que é, no entendimento atual, o primeiro e mais importante estágio do processo de erosão.

#### 3.2.1.1.1 Erosão por Salpicamento (*Splash*)

“Os danos causados pelas gotas de chuva que golpeiam o solo a uma alta velocidade constituem o primeiro passo no processo de erosão.” (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). O impacto das gotas da chuva causam dois efeitos: a desagregação de material do solo e a selagem dos poros do solo, segundo Bertoni & Lombardi (2005) “Uma gota golpeando um solo úmido forma uma cratera, compactando a área imediatamente sob o centro da gota, movimenta as partículas soltas para fora em um círculo e volta da sua área.”

**Figura 4 - Erosão por Salpicamento**



**FONTE: DERPSCH *et al*, (1990).**

Quando a intensidade da chuva é maior que a capacidade de infiltração do solo, as depressões na superfície se enchem de água e causam a enxurrada; durante a chuva a enxurrada é salpicada milhões de vezes pelas gotas. Isso faz romper as partículas do solo, transformando-as em partes cada vez menores, que ficam em suspensão na água (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

“O papel do splash varia não só com a resistência do solo ao impacto das gotas de água, mas também com a própria energia cinética das gotas da chuva. Dependendo da energia impactada sobre o solo, vai ocorrer com maior ou menor facilidade, a ruptura dos agregados [...]” (GUERRA *et.al.*, 1999).

Segundo Zachar (1982), um aspecto que deve ser observado no processo de salpicamento é a distância em que as partículas do solo são lançadas pelas gotas de chuva, e que normalmente o diâmetro dessas partículas é menor que dois milímetros, e que é a fração mais fina do solo.

O impacto das gotas rompe os agregados, desprende e transporta as partículas mais finas, causando uma compactação da superfície do terreno, isso diminui a permeabilização do solo, aumentando a enxurrada na superfície. (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

#### **3.2.1.1.2 Erosão Laminar**

Constitui o processo de remoção gradual da camada superficial do solo, segundo Bertoni & Lombardi Neto (2005) “A remoção de camadas delgadas de solos

sobre toda uma área é a forma de erosão menos notada, e por isso a mais perigosa.” Em dias de chuva as enxurradas se tornam lamacentas, os solos tomam coloração mais clara, dessa forma a produtividade diminui gradativamente. As partículas mais leves e também as de maior valor, são arrastadas primeiro.

Trata-se de uma forma de erosão dificilmente perceptível, e conforme Bertoni & Lombardi Neto (2005), pode ser notada em terrenos suscetíveis à erosão, pois ao passar dos anos pode-se perceber, que as raízes das árvores da região, tornam-se expostas, indicando assim a profundidade da camada de solo que foi arrastada.

Cada pequena porção de água tende a tomar o caminho que apresentar menor resistência, concentrando-se em pequenas depressões, ganhando velocidade à medida que a declividade do terreno e a lâmina da água aumentam. Fatores como a natureza do solo, precipitações e o tipo de cobertura vegetal influenciam diretamente na intensidade desse processo. (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

À medida que a água se infiltra no solo e começa a saturá-lo, ocorrendo o processo de formação de poças na superfície, dando início o escoamento superficial, de onde inicialmente parte a erosão laminar. (GUERRA 1999). Conforme Bertoni & Lombardi Neto (2005) “A quantidade de material transportado depende da capacidade de transporte da enxurrada que é influenciada pelo tamanho, densidade de forma das partículas do solo, e para efeito de retardamento da vegetação e de outras obstruções.”

Conforme Mello *et. al.* (1983) o desgaste das partículas mais finas da superfície do solo, onde se concentra a maior parte de nutrientes, causa consequências danosas, pois tais nutrientes são essenciais para as plantas.

#### 3.2.1.1.3 Erosão em Sulcos

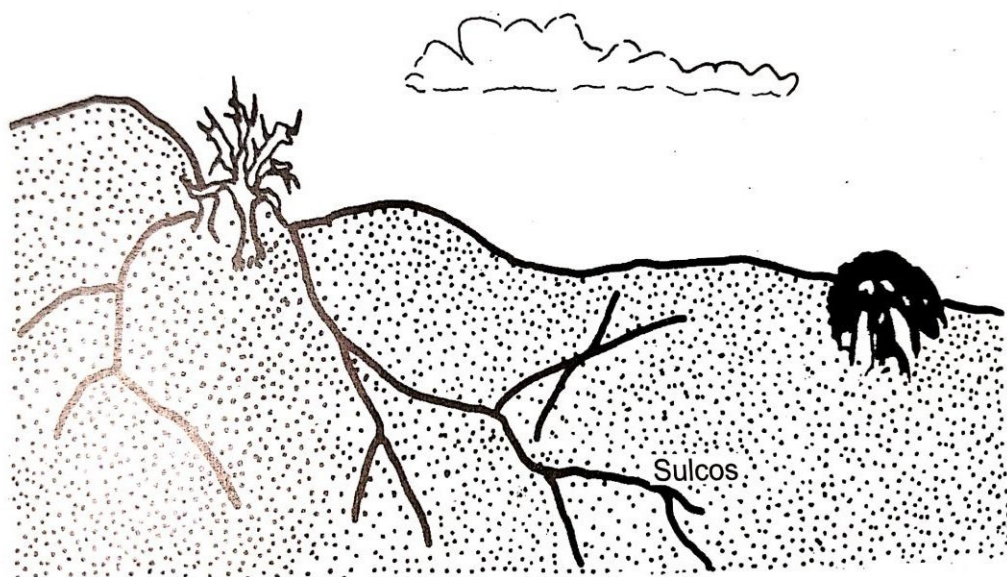
“Resulta de pequenas irregularidades na declividade do terreno que faz a enxurrada, concentrando-se em alguns pontos do terreno, atinja volume e velocidade suficientes para formar riscos mais ou menos profundos.” (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Quando em sua fase inicial, os sulcos são facilmente desfeitos, com operações normais de preparo do solo, porém quando em estágio mais adiantado, podem chegar a grandes profundidades, interrompendo qualquer atividade próxima, causando instabilidade nas construções próximas.

Ocorrem em locais com grande intensidade de chuvas e terrenos com elevada declividade, o processo de formação dos sulcos acontece através da evolução e

concentração de filetes de água que se dividem em ramificações, que se espalham e juntam constantemente, sendo assim a concentração dos filetes causam pequenos sulcos, que aumentam com o fluxo de água. (CARVALHO, 2008).

Pode acontecer mesmo sob uma cobertura vegetal, e é um agente de transporte de matéria já desagregada pelas chuvas. Solos com esse tipo de erosão acabam se tornando pobres e imprestáveis, perdendo sua resistência, afetando a sua utilização para construção civil.

**Figura 5 - Erosão em Sulcos**



**FONTE: AMARAL (1978)**

### 3.2.2 Erodibilidade do Solo

Alguns solos erodiram mais que outros, mesmo que a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e as práticas de manejo sejam as mesmas. Essa diferença, devida às propriedades do próprio solo, é denominada erodibilidade do solo. As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água são: (a) as que afetam a velocidade de infiltração do solo, a permeabilidade e a capacidade de absorção da água; (b) aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e enxurrada (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

Conforme Maciel Filho *et al.* (2014) a erodibilidade do solo é apenas um dos fatores que influenciam a erosão, pois ele depende muito mais da natureza do solo, o que demonstra o porquê alguns solos erodirem mais facilmente que outros. Um solo solto, granular e com boas condições físicas esta suscetível a maior erosão frente a

uma chuva excessiva do que outro em piores condições físicas, esse desprendimento de partículas do solo prejudica não só a produção de culturas, mas principalmente a área da construção civil, diminuindo a resistência dos solos, provocando instabilidade nas fundações e até mesmo pode levar a ruína estrutural.

“A erodibilidade do solo é a sua vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão, que é a recíproca da sua resistência à erosão. Um solo com alta erodibilidade sofrerá mais erosão que um com baixa erodibilidade [...]” (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

Muitos pesquisadores têm tentado relacionar a quantidade de erosão medida no campo com inúmeras variáveis físicas do solo que podem ser determinadas em laboratório, mas nada é influenciável à erosão que o manejo do solo, o melhor manejo do solo pode ser definido como sendo o uso mais intensivo e mais produtivo da terra pode ter sem causar qualquer degradação (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

### 3.2.3 Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE)

A *Universal Soil Loss Equation* – USLE, foi desenvolvida na Universidade de Purdue, nos Estados Unidos da América. Essa equação é utilizada como ferramenta para gestão do solo, possibilitando a resolução de problemas de conservação de solo e água, e se tornou referência e um manual de boas práticas nos EUA a partir de sua primeira publicação em 1965 por Wischmeier & Smith. No entanto em 1978, os mesmos realizaram certos ajustes e incorporaram alguns dados, publicando uma nova obra intitulada “*Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning*” (1978), obra adaptada para o Brasil por Bertoni *et al.* (1975), no Estado de São Paulo. Com os avanços tecnológicos, principalmente na área de geoprocessamento, o modelo utilizado tornou-se desatualizado, sendo necessária uma revisão, incorporando novos elementos, variáveis e métodos, Bertoni & Lombardi Neto propuseram, em 1999, a RUSLE – *Revised Universal Soil Loss Equation* (Equação Universal de Perda de Solo Revisada).

A equação apresentou, no decorrer dos anos, grandes resultados. Foi elaborada visando prever, de forma empírica, as perdas médias do solo, em períodos longos e condições específicas. Expressa através de seis variáveis ambientais e de manejo e ocupação, a equação exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão hídrica. Apesar de sua eficiência, a equação determina uma estimativa de perda de solo, pois como, ao se tratar de solos, os parâmetros são inúmeros, a

exatidão se torna improvável.

A Equação Universal da Perda de Solo Revisada (RUSLE) é realizada conforme apresentado abaixo:

$$A = R.K.LS.C.P \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo:

A= Estimativa de perda do solo por unidade de área e por unidade de tempo (t/ha.ano);  
 R= Fator erosividade da precipitação, quantificada em termos de energia produzida pelo impacto das gotas de chuva junto com a taxa de arraste do solo resultante do escoamento superficial, ou seja, é a capacidade da precipitação de desprender e transportar partículas, expressa em [MJ.mm/ha.L.ano].

K= Fator de erodibilidade dos solos expressa em [ton.h/MJ.mm], é a perda de solo de uma parcela-padrão de 22 metros de comprimento, 9% de declividade e continuamente em solo nu, lavrado segundo o maior declive. Representa a susceptibilidade dos diferentes solos apresentarem erosão de acordo com suas características (químicas, físicas e biológicas).

L= Variável relativa ao comprimento de declive da encosta (adimensional);

S= Variável relativa à declividade da encosta (adimensional);

C= Fator de uso e manejo dos solos, variando de zero à 1, sendo zero para coberturas que proporcionam proteção total do solo, e 1, para solos totalmente expostos (adimensional);

P= Variável relativa à prática conservacionista adotada (adimensional).

A equação torna possível prever a quantidade média anual de perda de solo por erosão laminar e em sulcos. Além disso pode demonstrar como o melhor manejo e combinações de solo, quando relacionados, podem influenciar na erosão do solo.

### 3.3. Drenagem Urbana

Segundo Miguez *et al.* (2016) as atividades humanas alteraram o padrão de uso e ocupação do solo, as quais movimentam uma série de processos que modificam a qualidade do ambiente, essas alterações, em sua maioria, apresentam um viés negativo, degradando o espaço.

As alterações causadas pelo desordenado crescimento de construções e edificações aumenta a impermeabilização da superfície, alterando o ciclo hidrológico natural, diminuindo a infiltração de água no solo. Reduzindo a área permeável, o escoamento superficial das águas pluviais aumenta, que geram problemas, que geralmente requerem soluções onerosas e complexas. Ligada diretamente ao solo e a erodibilidade do mesmo, a drenagem só se torna eficaz quando a superfície pela qual a água transita possui permeabilização capaz de absorver uma porcentagem desse escoamento e uma cobertura vegetal saudável, diminuindo os riscos de enchentes e inundações. Como a urbanização destruiu grandes áreas verdes, essa permeabilização do solo ficou comprometida, dessa forma algumas técnicas foram adotadas, desenvolvendo assim o conceito de drenagem urbana.

A drenagem urbana divide-se em dois principais sistemas, macrodrenagem, que basicamente é formada pela hidrografia natural da bacia e corresponde aos canais naturais ou artificiais responsáveis pela condução de água no sistema, e microdrenagem, constituída pela drenagem dos loteamentos urbanos e as áreas públicas, com foco em retirar as águas precipitadas e conduzi-las para a rede principal, ou seja para a macrodrenagem, sendo responsável principalmente pela captação inicial dos escoamentos superficiais (MIGUEZ, 2016).



## 4 METODOLOGIA DE PESQUISA

### 4.1 Caracterização dos aspectos físicos do local

#### 4.1.1 Solo e Relevo

A área estudada consiste em uma pequena porção territorial, localizada à lateral do Bloco A, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em Campo Mourão, conforme figuras 6 a 8.

Campo Mourão está situada no Planalto do Campo Mourão, inserida no Terceiro Planalto Paranaense, e apresenta dissecação baixa, ocupando uma área de 2.896,01 km<sup>2</sup>. A classe de declividade predominante é menor que 6% em uma área de 1.726,36 km<sup>2</sup>. Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 340 metros com altitudes variando entre 260 (mínima) e 600 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha, modeladas em rochas da Formação Serra Geral.

**Figura 6 - Vista Lateral da Área Analisada**



**FONTE: Autoria própria (2019).**

**Figura 7 - Vista Frontal da Área Analisada**



**FONTE: Autoria própria (2019).**

**Figura 8 - Detalhe do Processo de Erosão da Área Analisada**



**FONTE: Autoria própria (2019).**

Conforme classificação feita pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (SiBCS) e o mapa desenvolvido pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG), pode-se classificar o solo presente na área de estudo como Latossolos Vermelhos Distroféricos, conforme demonstrado na figura 9.

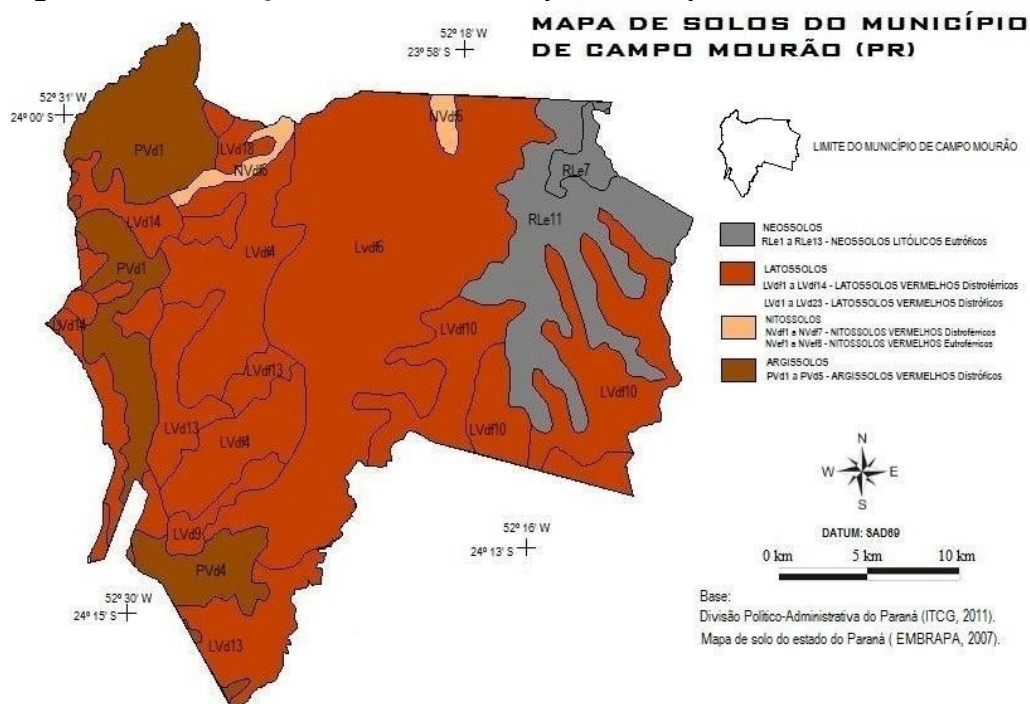
Do latim *lat*, “tijolo”, são solos constituídos de material mineral com horizonte B latossólico, segundo o SiBCS (2018) “São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo.”

É o termo que se aplica a solos de regiões tipicamente tropicais e equatoriais, com características associadas a baixo coeficiente sílica/sesquióxidos das frações de argila, reduzido teor de componentes solúveis, grande grau de estabilidade entre os agregados e reduzida atividade de argila (MACIEL FILHO, 2014).

São solos geralmente fortemente ácidos, com baixa saturação, normalmente são bem profundos, apresenta avançado estágio de impermeabilização e é um solo espesso e desenvolvido.

Latossolos Vermelhos Distroféricos apresentam cores avermelhadas devido aos altos teores e à natureza dos óxidos de ferro presentes em seu material originário.

**Figura 9 - Classificação do Solo do Município de Campo Mourão**

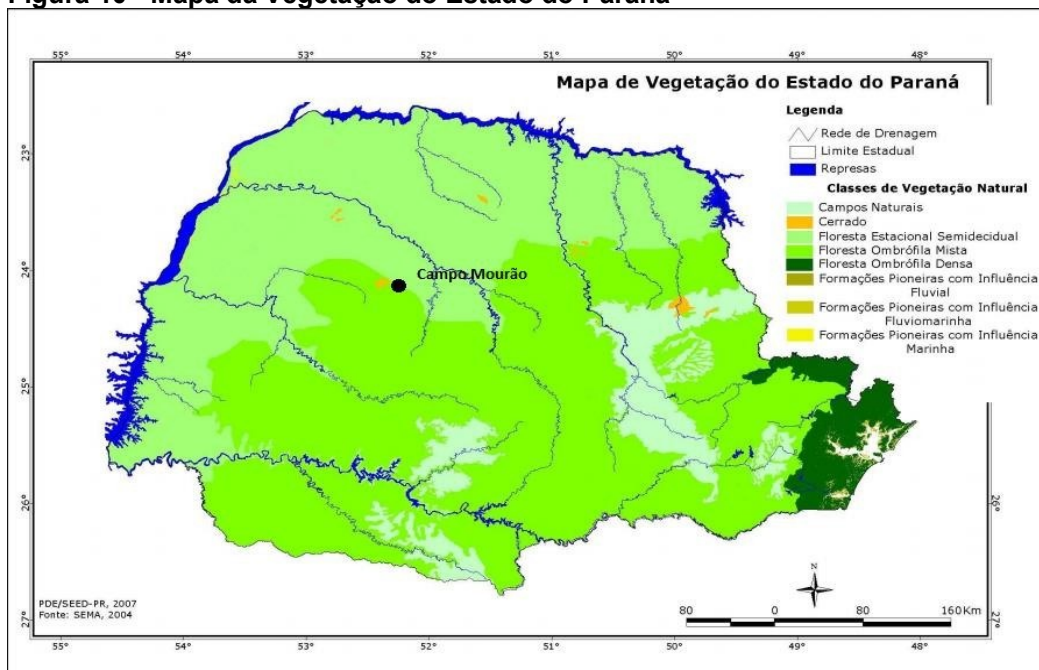


**FONTE: Costa et al (2011).**

#### 4.1.2 Vegetação

A vegetação paranaense é representada por campos e pela floresta tropical, esta que ocupa o Terceiro Planalto, área analisada. Essa floresta é subdividida e classificada como Floresta Estacional Semidecidual, figura 10, que no passado possuía vegetação exuberante. Durante o século XX, com a expansão das fazendas de café, grande parte da vegetação foi substituída pelos cafezais. Atualmente, as lavouras de café foram substituídas por culturas anuais de soja, trigo e milho, as áreas florestadas que restavam foram ainda mais reduzidas, restando poucos pontos em algumas propriedades rurais e nas nascentes de rios.

**Figura 10 - Mapa da Vegetação do Estado do Paraná**

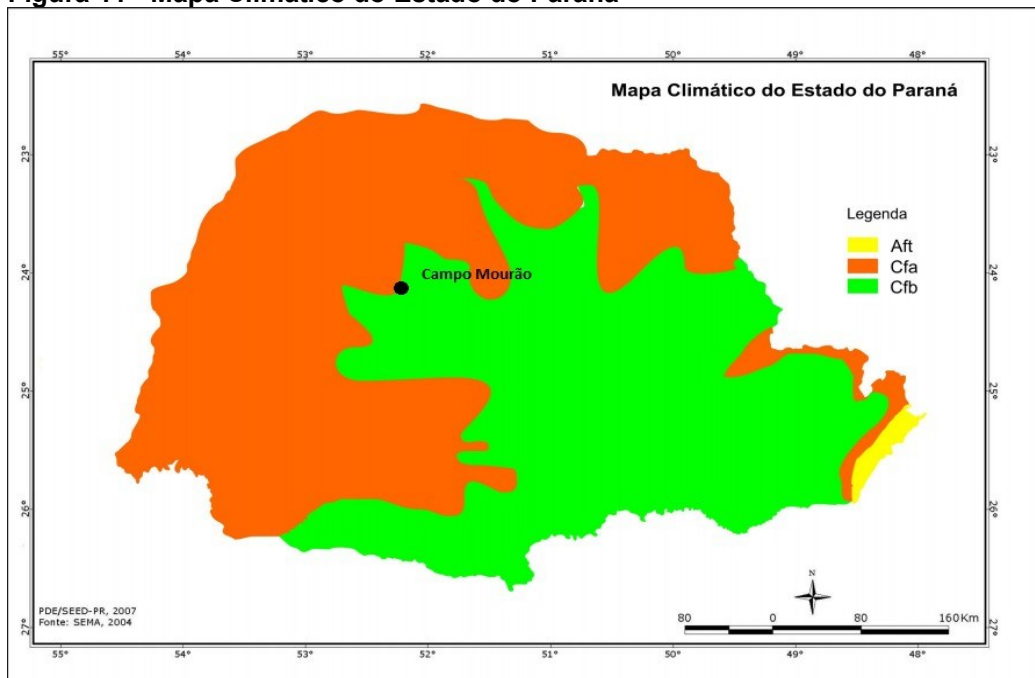


**FONTE: Secretária de Estado da Educação do Paraná (2007).**

#### 4.1.3 Clima

O clima do Paraná é basicamente subtropical úmido, com temperaturas entre 14°C e 22°C. Por sua localização geográfica, tanto as massas de ar quente quanto as de ar frio, principalmente as massas de ar tropical marítima e polar, influenciam diretamente o clima paranaense. Campo Mourão está, como ilustrado na figura 11, entre o Cfa e Cfb, Clima Subtropical Úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, apresenta verões quentes e geadas esporádicas. A precipitação média anual pode variar entre 1.250 a 1500 mm/ano, com sua maior concentração nos meses mais quentes.

**Figura 11 - Mapa Climático do Estado do Paraná**



**FONTE: Secretaria de Estado da Educação do Paraná (2007).**

#### **4.2 Equação Universal da Perda de Solo Revisada (RUSLE)**

##### **4.2.1 Fatores da RUSLE**

###### **4.2.1.1 Erosividade da Chuva (Fator R)**

Caracterizada pela quantidade de energia produzida pelo impacto das gotas com a taxa de arraste do solo. Bertoni & Lombardi Neto (2005), determinaram que a perda de solo por precipitação, é diretamente proporcional ao valor do produto de duas características, a energia cinética total da chuva e a intensidade máxima em um período de trinta minutos.

As equações propostas por Bertoni & Lombardi Neto (1977) determinadas após análise de 66 perfis de solo do Estado de São Paulo, durante um período de aproximadamente 20 anos, serviram de base para que diversos autores desenvolvessem equações mais simplificadas, para diversas regiões do Brasil. Entre esses autores Rufino *et al.* (1993) propôs equações lineares simplificadas, para 114 regiões do Estado do Paraná, sendo o fator R a média aritmética das médias mensais de erosão (Y).

Para a área analisada, contida no município de Campo Mourão, utiliza-se a seguinte equação:

$$Y = 182,86 + 56,21X \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

Y= média mensal de erosão [MJ.mm/ha.h.ano]; X = determinada pela equação (3)

$$X = p^2/P \quad \text{Equação (3)}$$

Sendo:

p = precipitação mensal (mm) P = precipitação média anual.

Apesar da simplificação das equações, a determinação da melhor estimativa da média mensal de erosão se dá ao analisar as variações pluviométricas para um intervalo de tempo superior a 20 anos. Sendo assim, a análise para a área estudada, se dará em um intervalo de tempo de 24 anos (1994 a 2018), para efeito dos cálculos, o ano de 2010 será desconsiderado, pois apresenta meses sem medições.

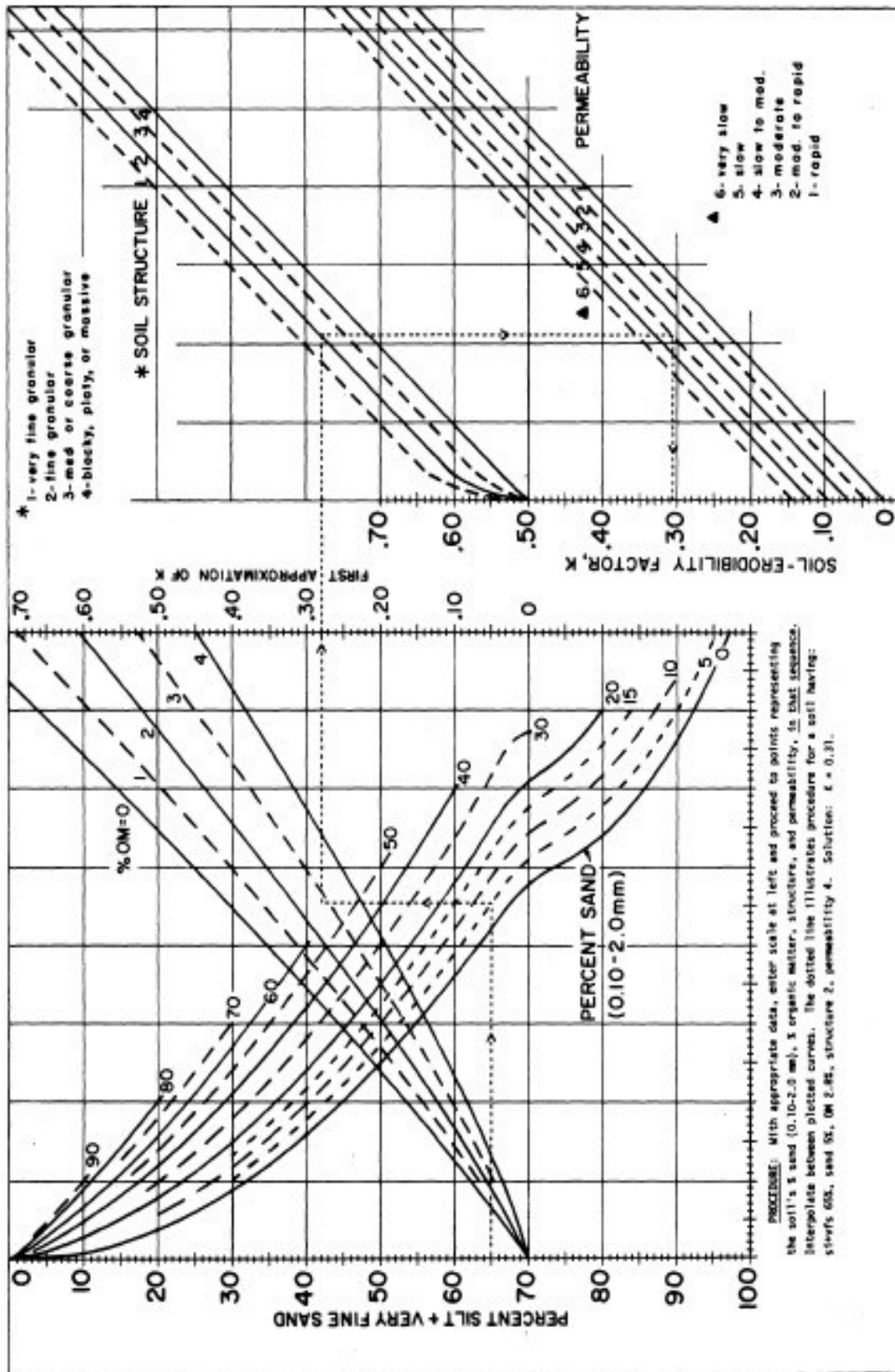
Os dados de precipitação (média aritmética mensal e anual) estão disponíveis no site da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, AGUASPARANÁ – Instituto de Águas do Paraná, demonstrados nas tabelas do Anexo A.

#### 4.2.1.2. Erodibilidade do Solo (Fator K)

Refere-se à capacidade de um solo sofrer erosão, um dos métodos mais utilizados é o proposto por Wischmeier *et al.* (1978), com base nos parâmetros estrutura, classes de permeabilidade, textura e porcentagem de matéria orgânica, combinando-os em um nomograma, como demonstrado na figura 12.

A principal classe de solo presente no local é o Latossolo Vermelho, conforme figura 6. Henklain, (1980) utilizando os dados concedidos pelo IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná, estipulou os valores da erodibilidade dos Latossolos paranaenses.

Figura 12 - Ilustração de Nomograma para determinação do fator K.



FONTE: WISCHMEIER et al. (1971).

#### 4.2.3 Comprimento e grau de declive (Fator LS).

São os fatores referentes ao comprimento e declividade da vertente (adimensionais).

“É a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação a perdas de solos correspondentes de uma parcela unitária de 25m de comprimento com 9% de declive.” (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

Baseado em vários anos de estudo, Bertoni determinou de forma generalizada o fator LS para diferentes declives e comprimentos de vertente (figura 14). Como descrito previamente, o solo de Campo Mourão não apresenta declive superior a 6% e utilizando um valor de rampa médio de 10 m temos.

**Figura 13 - Fator LS da Equação de Previsão de Perdas de Solo para várias combinações de grau de declive e comprimento de rampa.**

Declive %	Comprimento de rampa (metros)													
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	80	100
1	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,16	0,18
2	0,06	0,09	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,35	0,41
4	0,14	0,22	0,28	0,33	0,38	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,80	0,92
6	0,23	0,35	0,45	0,54	0,62	0,69	0,77	0,83	0,90	0,96	1,02	1,07	1,29	1,48
8	0,32	0,49	0,63	0,76	0,87	0,98	1,08	1,17	1,26	1,34	1,43	1,51	1,81	2,08
10	0,41	0,64	0,82	0,98	1,13	1,27	1,40	1,52	1,64	1,75	1,86	1,96	2,36	2,71
12	0,51	0,79	1,02	1,22	1,40	1,57	1,73	1,89	2,03	2,17	2,30	2,43	2,92	3,36
14	0,61	0,95	1,22	1,46	1,68	1,89	2,08	2,26	2,43	2,60	2,76	2,92	3,51	4,03
16	0,71	1,11	1,43	1,71	1,97	2,21	2,44	2,65	2,85	3,05	3,23	3,42	4,10	4,72
18	0,82	1,27	1,64	1,97	2,27	2,54	2,80	3,04	3,27	3,50	3,72	3,93	4,71	5,43
20	0,92	1,44	1,86	2,23	2,57	2,88	3,17	3,44	3,71	3,96	4,21	4,45	5,34	6,14

FONTE: BERTONI & LOMBARDI NETO (2005).

#### 5.1.4 Cobertura e Manejo do Solo (Fator C) e Práticas Conservacionistas (Fator P)

O fator C refere-se a cobertura e manejo do solo (adimensional), Segundo Bertoni & Lombardi Neto (2005) o fator de C “é a relação esperada entre as perdas do solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado.

Já o fator P, relaciona-se as práticas de conservação do solo.”, é a relação entre a intensidade estimada de perdas com certa prática de conservação e aquelas de quando a plantação segue o sentido do declive (morro abaixo). Os aperfeiçoamentos na sua determinação para a RUSLE foram baseados na hidráulica de escoamento e transporte de sedimentos.

Para Bertoni & Lombardi Neto (2005), os dois fatores não se relacionam, já para



Wischmeier & Smith (1978), os fatores estão significativamente relacionados, por isso devem ser analisados juntos.

A região da área de estudo não apresenta práticas de cultivo, dessa forma a vegetação é classificada como vegetação de médio e baixo porte, resultante da ação antrópica sobre a floresta nativa, denominada de vegetação secundária que segundo o CONAMAZ (2010) é a “vegetação resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer espécies remanescentes da vegetação primária.”

Silva (2009), após análises em campo e utilizando a metodologia proposta por Wischmeier & Smith (1978), determinou que áreas com vegetação secundária apresentam valores de C de 0,012.

Como a área analisada apresenta práticas de conservação do solo através do plantio em contorno a área analisada, Bertoni & Lombardi Neto (2005) determinaram que locais com essas práticas tem valores de P igual a 0,5.

## 5 RESULTADOS

Conforme metodologia proposta, e utilizando os resultados obtidos através das tabelas, os valores encontrados foram:

- Fator R = 11800,02
- Fator K para a região do município de Campo Mourão = 0,38 ton.ha/ha.MJ.mm;
- Fator LS = 0,35
- Fatores CP = 0,006.

Cruzando os valores que compõem a RUSLE, encontra-se o valor de 9,42 ton/ha.

## 6 CONCLUSÃO

A Equação Universal de Perda de Solo Revisada é uma estimativa, pois os parâmetros para determinação do tipo de solo variam de inúmeras formas, ainda assim, levando em consideração parâmetros gerais de classificação, Bertoni & Lombardi Neto determinaram que para classes de solo Latossolo Vermelho a tolerância máxima de perda de solo, encontrada pela RUSLE, varia entre 10,9 e 12,5 ton/ha.

Como determinada anteriormente a perda de solo para a área analisada tem um valor de 9,42 ton/ha, valor este que não se enquadra na perda máxima tolerada, dessa forma, para a equação proposta não ocorre a necessidade de uma adaptação ao sistema de drenagem urbana ou a criação de um sistema adjacente.

Apesar do resultado obtido pela equação, outros fatores devem ser considerados para a conclusão da necessidade ou não de um novo sistema de drenagem ou a adaptação do já existente, além do determinado pela RUSLE.

Entre esses fatores, pode-se citar a estética local, já que a água proveniente do escoamento hídrico fica retida no calçamento, deixando-o muitas vezes enlameado. Outro fator é a questão do conforto para quem lá transita, os estudantes, servidores e visitantes, em dias chuvosos precisam desviar das poças lamacentas, causando dificuldade de locomoção na área.

Dessa forma, levando em consideração esses outros fatores, uma adaptação ao sistema de drenagem urbano local seria necessária.

## REFERÊNCIAS

- AHAMED, C. R. M. **Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do município de Campos dos Goytacazes – RJ sob uma análise multicritério**. 2009. 108p. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2009.
- AMARAL, N. D. **Noções de conservação do solo**. São Paulo. 2ª Edição. 1978. 120p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. **Equação de perdas de solo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975a.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone Editora. 4ª Edição. 1999. 355p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone Editora. 5ª Edição. 2005. 355p.
- BRADY, N. C.; LEPSCH, I. F.; WEIL, R. R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. Bookman, 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Conselho Nacional da Amazônia Legal – CONAMAZ. Resolução nº 423, de 12 de abril de 2010. **Dispõe sobre parâmetros básicos para identificação e análise da vegetação primária e dos estágios sucessionais da vegetação secundária nos Campos de Altitude associados ou abrangidos pela Mata Atlântica**, Brasília, Distrito Federal, v. 69, p. 55-57, 13 abril de 2010.
- CENIN, G.; FINOTTI, A. R.; PÉRICO, E.; SCHENEIDER, V. E.; Determinação da perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do arroio Marrecas, RS, Brasil. **Scientia Plena**, volume 9, num. 1, jan. 2013.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações: Fundamentos**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1988.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2ª ed., rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 600 p.
- DITZLER, C. et al. **Soil Survey Manual**. Disponível em:  
<[https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/scientists/?cid=nrcs142p2\\_054262](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/scientists/?cid=nrcs142p2_054262)>. Acesso em: 6 de maio de 2018.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Edição. Brasília, Distrito Federal, 2018.
- GALVÃO, R. S. **Drenagem Urbana e Planejamento Ambiental: Vale do Rio João Mendes (Niterói/RJ)**. 2008. 81p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2018.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 339p.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ; MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba, 2001.

HENKLAIN, J.C. **Erodibilidade de Latossolos do Estado do Paraná**: aplicabilidade do método monográfico. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 1980. 75p.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3ª ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MACIEL, Manoel Marques. **Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (usle) em Ambiente de Geoprocessamento e sua Comparação com Aptidão Agrícola**. 2000. 88f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

MACIEL M.M. **Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) em ambiente de geoprocessamento e sua comparação com aptidão agrícola**. 2000. 88p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

MACIEL FILHO, C. L. **Introdução à Geologia de Engenharias**. 5ª ed. Rio Grande do Sul: UFMS, 2014. 454p.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. 4ª ed. São Paulo: Nobel, 1983. 400 p.

MIGEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana**: Do projeto tradicional à sustentabilidade. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 366p.

SUDERHSA. **Manual de Drenagem Urbana**: Região Metropolitana de Curitiba – PR. Curitiba: Suderhsa, 2002.

OLIVEIRA A. M. S., BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. Associação Brasileira de Geologia e Engenharia. 1998. 569p.

RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M.; MERTERN, G.H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, n. 17, 1993. p. 439-444.

SANTO JUNIOR, C.E; SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Atlas do Paraná**: O Uso de Novas Tecnologias. Paraná, 2008.  
SILVA A. M.; SCHULZ H. E.; CAMARGO P. B.; **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 2ª ed. São Carlos: RiMa Editora, 2007.

SILVA, M. A. **Modelagem Espacial da Erosão Hídrica no Vale do Rio Doce, Região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais**. 2009. 132p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009.

SILVA, V. D. **Análise de Perda de Solo, utilizando o modelo (RUSLE) Revised Universal Soil Loss Equation, aplicado com auxílio das técnicas de geoprocessamento na bacia do Ribeirão Reis, Maringá – PR**. 2008. 112p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/99/6137a1ef8fc1c04f81a9a6b46a3093dd\\_c80b83451c8ed0911a8b63bc1f8850cd.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/99/6137a1ef8fc1c04f81a9a6b46a3093dd_c80b83451c8ed0911a8b63bc1f8850cd.pdf)>. Acesso em: 16 de dezembro 2018.

TUCCI C. E. M.; COLLISCHONN W. **Drenagem Urbana e Controle de Erosão**. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/12/drenagem-urbana-e-controle-de-erosao.pdf>>. Acesso em: 18 de dezembro de 2018.

TUCCI, C. E. M.; PORTO R. L. P.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul: ABRH, 2015. 428p.

WISCHMEIER, W. R.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses: A guide to conservation planning**. Disponível em: <<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>>. Acesso em: 18 de agosto de 2018.

WISCHMEIER, W. H.; & SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide selection of practices for soil and water conservation**. Disponível em:

<<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87208342/PDF>>. Acesso em: 09 de outubro de 2018.

ZACHAR, D. **Soil Erosion**. Disponível em: <<http://library.stic.et/documents/30479/1809897/Soil+Erosion.pdf/198d2ff5-ba13-6fa5-7637-664d4be3d427?version=1.0>>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

**ANEXO A – Tabelas**

**Tabela 1 - Precipitações Mensais entre 1994 e 2018**

Precipitações mensais do ano de 1994 ao ano de 2018												
Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1994	184,6	267,8	168,7	85,6	184,7	204,2	170	0	35	284,5	96,9	184,3
1995	340,4	121,5	193,1	88,8	37,6	111	64,5	7,7	153,3	316,9	47,8	137,9
1996	324,3	105,4	89,8	45,5	24,7	40,4	4,9	67,4	203,1	246,7	120,6	333
1997	314,3	240,1	31,1	33,3	59,7	349,6	50,6	46,2	183,2	217,8	171,5	136,5
1998	93,7	199,9	155,2	398,1	92,1	95,3	48,1	151	339,8	223,2	48	88,3
1999	187,7	332,1	101,6	91	168,8	169,9	68,4	0	78,2	46,4	23,8	125
2000	110,3	388,6	112,5	11,3	42,7	146,7	107	189	249,9	137,2	145,4	173,7
2001	231,6	152,7	85,1	67,2	102,1	104,8	52,4	68,5	124,5	96,3	159,8	136,4
2002	278,2	100,8	29,1	37,1	355,1	0,7	58,5	116	223,2	127,4	229,5	103,4
2003	259,8	236,1	134,1	119,8	56	58,4	78,5	43,4	101,3	118,6	178,1	145,1
2004	99,1	100,9	48,3	156,8	263,6	86,2	129	3,3	60,4	315	254,5	150,4
2005	322,6	1,1	72,8	129,4	87,5	137,7	37,3	40,2	161,1	344	78,9	94,5
2006	80,1	121,8	144,7	149,5	17	40,7	42	23,7	151,9	93,7	179,2	189,1
2007	252,3	153,4	187	111,5	95,5	0	150	15,6	28,6	59,9	259,5	163,9
2008	183,2	138,7	154,1	90,3	101,5	84,5	27,6	284	57	144,1	125,9	121,8
2009	151,8	127,6	93,6	41,9	225,3	105,4	171	97	183,7	291,6	190,3	139,9
2010	229	245,6	125,7	138,7	97,7	29	-	-	-	-	116,2	200,7
2011	165,3	209,8	154,5	126,8	1,2	150,4	232	137	42,6	188,6	125,1	123,1
2012	136,7	73,7	61,1	281,5	110,6	240,7	42,8	3,1	41,3	143,8	33,8	338
2013	283,4	382,3	256,7	72,8	166,8	380,5	94,1	3,4	102,7	112,2	50,9	247,2
2014	203,2	153,7	190,3	105,8	197,1	210,8	102	11,8	163	32,7	89,5	154,1
2015	162,1	291,9	103,2	106,1	295,2	98,7	481	35,6	236,4	208,3	467,9	143,3
2016	233,9	254,4	80,6	104,3	227	111,2	69,4	192	44,9	262,4	63,4	210,4
2017	168,3	104,1	93,9	159,7	236,1	107,1	2,7	104	39,6	360,4	189,3	279
2018	272,7	155,5	220,2	58	32,5	27,5	8,8	153	145,2	193,6	138,5	78,6

**FONTE: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2019).**

**Tabela 2 - Médias Anuais de Precipitação**

<b>Ano</b>	<b>Médias</b>
1994	155,51
1995	135,04
1996	133,82
1997	152,83
1998	161,07
1999	116,08
2000	151,15
2001	115,12
2002	138,21
2003	127,43
2004	138,94
2005	125,59
2006	102,78
2007	123,12
2008	126,06
2009	151,60
2010	98,55
2011	138,04
2012	125,59
2013	179,42
2014	134,52
2015	219,11
2016	154,48
2017	153,65
2018	123,67

**FONTE: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2019).**



**Tabela 3 - Valores de X para os anos de 1994 a 2018**

Valores de X para os anos de 1994 a 2018												
Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1994	219,13	461,18	183,01	47,12	219,37	268,14	185,41	0,00	7,88	520,49	60,38	218,42
1995	858,05	109,32	276,12	58,39	10,47	91,24	30,81	0,44	174,03	743,66	16,92	140,82
1996	785,93	83,02	60,26	15,47	4,56	12,20	0,18	33,95	308,25	454,81	108,69	828,66
1997	646,39	377,22	6,33	7,26	23,32	799,74	16,75	13,97	219,61	310,40	192,46	121,92
1998	54,51	248,10	149,55	983,96	52,66	56,39	14,36	141,75	716,87	309,30	14,30	48,41
1999	303,52	950,17	88,93	71,34	245,47	248,68	40,31	0,00	52,68	18,55	4,88	134,61
2000	80,49	999,07	83,73	0,84	12,06	142,38	75,46	235,58	413,17	124,54	139,87	199,61
2001	465,95	202,55	62,91	39,23	90,56	95,41	23,85	40,76	134,65	80,56	221,83	161,62
2002	559,99	73,52	6,13	9,96	912,36	0,00	24,76	96,52	360,46	117,44	381,09	77,36
2003	529,66	437,43	141,12	112,62	24,61	26,76	48,36	14,78	80,53	110,38	248,91	165,22
2004	70,68	73,27	16,79	176,95	500,10	53,48	119,40	0,08	26,26	714,15	466,17	162,80
2005	828,64	0,00	42,20	133,32	60,96	150,98	11,08	12,87	206,65	942,23	49,57	71,11
2006	62,42	144,34	203,71	217,45	2,81	16,12	17,16	5,46	224,49	85,42	312,43	347,90
2007	517,03	191,13	284,03	100,98	74,08	0,00	183,24	1,98	6,64	29,14	546,96	218,19
2008	266,24	152,61	188,38	64,69	81,73	56,64	6,04	639,83	25,77	164,72	125,74	117,69
2009	152,00	107,40	57,79	11,58	334,83	73,28	193,11	62,06	222,60	560,89	238,88	129,10
2010	532,13	612,07	160,33	195,21	96,86	8,53	-	-	-	-	-	408,73
2011	197,94	318,86	172,92	116,47	0,01	163,86	388,90	136,76	13,15	257,68	113,37	109,78
2012	148,79	43,25	29,72	630,95	97,40	461,31	14,59	0,08	13,58	164,65	9,10	909,65
2013	447,65	814,60	367,27	29,54	155,07	806,95	49,35	0,06	58,79	70,17	14,44	340,59
2014	306,95	175,62	269,22	83,21	288,80	330,34	77,65	1,04	197,51	7,95	59,55	176,53
2015	119,92	388,87	48,61	51,38	397,72	44,46	1054,17	5,78	255,06	198,02	999,19	93,72
2016	354,16	418,96	42,05	70,42	333,58	80,05	31,18	238,14	13,05	445,73	26,02	286,57
2017	184,35	70,53	57,39	165,99	362,79	74,65	0,05	69,85	10,21	845,35	233,22	506,61
2018	601,34	195,53	392,09	27,20	8,54	6,12	0,63	189,04	170,48	303,08	155,11	49,96

**FONTE: Aatoria própria (2019).**

**Tabela 4 - Valores de Y para os anos de 1994 a 2018.**

Valores de Y para os anos de 1994 ao ano de 2018												
Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1994	12500	26106	10470	2831	12514	15255	10604	183	626	29440	3577	12460
1995	48414	6328	15704	3465	771	5311	1915	208	9965	41984	1134	8098
1996	44360	4849	3570	1052	439	868	193	2091	17510	25748	6292	46762
1997	36516	21386	539	591	1494	45136	1125	968	12527	17630	11001	7036
1998	3247	14128	8589	55491	3143	3352	990	8151	40478	17569	987	2904
1999	17244	53592	5182	4193	13981	14161	2448	183	3144	1225	457	7749
2000	4707	56341	4889	230	861	8186	4425	13425	23407	7183	8045	11403
2001	26374	11568	3719	2388	5273	5546	1524	2474	7751	4711	12652	9267
2002	31660	4315	527	743	51467	183	1575	5608	20444	6784	21604	4531
2003	29955	24771	8115	6513	1566	1687	2901	1014	4709	6387	14174	9470
2004	4156	4302	1127	10129	28294	3189	6894	187	1659	40325	26386	9334
2005	46761	183	2555	7677	3610	8669	806	906	11799	53146	2969	4180
2006	3692	8296	11633	12406	341	1089	1148	490	12801	4984	17745	19739
2007	29245	10926	16148	5859	4347	183	10483	294	556	1821	30928	12447
2008	15148	8761	10772	3819	4777	3367	523	36148	1632	9442	7251	6798
2009	8727	6220	3431	834	19004	4302	11037	3672	12695	31710	13610	7440
2010	30094	34587	9195	11155	5627	663	-	-	-	-	-	23158
2011	11309	18106	9903	6730	183	9394	22043	7870	922	14667	6555	6353
2012	8546	2614	1854	35649	5658	26113	1003	187	946	9438	694	51314
2013	25345	45972	20827	1843	8899	45542	2957	186	3487	4127	995	19328
2014	17437	10054	15316	4860	16416	18751	4547	241	11285	630	3530	10106
2015	6924	22041	2915	3071	22539	2682	59437	508	14520	11314	56347	5451
2016	20090	23733	2547	4141	18933	4682	1935	13569	916	25237	1645	16291
2017	10545	4147	3408	9513	20575	4379	186	4109	757	47700	13292	28660
2018	33984	11173	22222	1712	663	527	218	10809	9766	17219	8902	2991

FONTE: Autoria própria (2019).

**Tabela 5 - Valores mensais de Y**

Valores de Y mensais para os anos de 1994 ao ano de 2018												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
21603,8	17387,5	8085,3	8075,7	10684,6	10111,1	6561,6	4933,9	9752,3	18713,9	11772,7	13917,9	

FONTE: Autoria própria (2019).