



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Evelyn Cristina de Souza Coelho

ESTUDO HIDROLÓGICO PARA CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DE SANTA LUZIA –TO

Palmas – TO

2018

Evelyn Cristina de Souza Coelho

ESTUDO HIDROLÓGICO PARA CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA
DE SANTA LUZIA –TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Kenia Parente Lopes Mendonça.

Palmas – TO

2018

Evelyn Cristina de Souza Coelho

ESTUDO HIDROLÓGICO PARA CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA
DE SANTA LUZIA –TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Kenia Parente Lopes Mendonça.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Kenia Parente Lopes Mendonça

Orientadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Profa. Marcieli Coradin

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. A professora Kenia Parente, pela orientação, apoio e confiança. Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Obrigada ao meu namorado e familiares, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

Para atingir um bom nível de manutenção e preservação dos mananciais, é necessário o planejamento, gerenciamento e uso adequado dos recursos hídricos para diminuir os problemas tanto da escassez como do excesso de água. No trabalho foi elaborado um estudo hidrológico da Bacia Hidrográfica do córrego Santa Luzia, com enfoque nas precipitações atmosféricas coletadas por dados pluviométricos dos anos de 1972 a 2016. Além disso, foram coletados dados SRTM para a elaboração de mapas representativos da região para melhor entender e apresentar o comportamento da bacia. A localização da bacia é extremamente estratégica, pois possui qualidade e quantidade de água que têm importância fundamental para o estado do Tocantins, e não existem estudos específicos sobre a bacia. Este trabalho também aborda um estudo de como a bacia hidrográfica se comporta com diferentes eventos de precipitação, analisando o Hidrograma Unitario, a Intensidade, Duração e Frequência para 2, 10, 50 e 100 anos. Para tanto foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto com o auxílio das ferramentas computacionais, em Sistema de Informação Geográficas (SIG), ArcGIS, e para o estudo e organização dos dados foi utilizado o Excel. No desenvolvimento do presente trabalho foi realizado um estudo bibliográfico através de literaturas, dados nos sites da ANA, SEPLAN, especializadas da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Luzia, foi necessário analisar e definir qual é o tipo de chuva da região e logo após averiguar dados pluviométricos da região com base na estação mais próxima. E finalizando foi feita a elaboração dos mapas temáticos para melhor representar e caracterizar a bacia de Santa Luzia.

Palavras-chave: Hidrologia. Precipitação. Mapas temáticos.

ABSTRACT

On the will to reach a reasonable water springs' conservation level, it is essential to plan and manage hydric resources, so shortage as well as surplusage issues might become eased off. The research aimed to establish a hydric analysis over the Santa Luzia's watershed, focusing on the pluviometric data obtained between 1972 and 2016, also relying on SRTM data, in order to draw maps as a way to understand and present the watershed's behaviour. Its placement is extremely useful, once the stream is one of the Lake Lajeado's feeders, which water's quality and amount are fundamentally important for Tocantins state, and has never been studied previously. This research also studies how the watershed behaviours under different rainfalls, analyzing the hydrogram, intensity, duration and frequency as of: 2, 10, 50 and 100 years. Therefore, remote sensing techniques were used with the aid of Geographical Information System (GIS) computational tools (ArcGIS), Microsoft Excel was used for data analysis and organization. The development of this study included bibliographical research, data from websites specialized in data from Santa Luzia stream watershed ANA and SEPLAN, it was necessary to analyze and establish the rain patterns in the region and then research the region's rainfall data from based on the nearest weather station. Then finishing off it was developed theme maps to better represent and define the Santa Luzia watershed.

Keywords: Hydrology; Precipitation; Theme Maps.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo hidrológico	15
Figura 2 - Ordem Strahler.....	18
Figura 3 - Gráfico do Hidrograma Unitário.....	23
Figura 4 – Mapa de Localização da Bacia do Santa Luzia.....	28
Figura 5 - Etapas Metodológicas para Delimitação da Bacia do Córrego Santa Luzia.....	32
Figura 6 - Mapa hidrográfico da bacia do Santa Luzia	41
Figura 7 - Mapa pedológico da bacia do Santa Luzia	42
Figura 8 - Mapa de precipitação da bacia do Santa Luzia.....	43
Figura 9 - Mapa de declividades da bacia do Santa Luzia	44
Figura 10 - Carta imagem da bacia do Santa Luzia.....	45
Figura 11 - Mapa de uso do solo da bacia do Santa Luzia	46
Figura 12 - Mapa de curvas de níveis da bacia do Santa Luzia.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação Anual Janeiro.....	34
Gráfico 2 - Precipitação Anual Fevereiro.....	35
Gráfico 3 - Precipitação Anual Março.....	35
Gráfico 4 - Precipitação Anual Abril.....	35
Gráfico 5 - Precipitação Anual Maio.....	36
Gráfico 6 - Precipitação Anual Junho.....	36
Gráfico 7 - Precipitação Anual Julho	36
Gráfico 8 - Precipitação Anual Agosto.....	37
Gráfico 9 - Precipitação Anual Setembro.....	37
Gráfico 10 - Precipitação Anual Outubro.....	37
Gráfico 11 - Precipitação Anual Novembro	38
Gráfico 12 - Precipitação Anual Dezembro	38
Gráfico 13 - Curva de Intensidade-Duração e Frequência	39
Gráfico 14 – Hidrograma Unitário	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
SEPLAN	Secretaria do Planejamento e Orçamento
HU	Hidrograma unitário
Tc	Tempo de concentração
SCS	<i>Soil Conservation Service</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
MDEHC	Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistido
GPS	Sistema de Posicionamento Global
CTH	Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo
SRTM	Missão Topográfica Radar Shuttle

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1.1 Introdução à Hidrologia.....	13
2.1.2 Estudos hidrológicos	14
2.2.1 Descrição Geral do Ciclo hidrológico	14
2.3.1 Características físicas da bacia hidrográfica.....	16
2.3.2 Forma da bacia.....	17
2.3.3 Ordem da bacia.....	17
2.4.1 Classificação do solos.....	19
2.4.2 Uso do solo	20
2.4.3 Levantamento Pedológico	20
2.4.4 Carta imagem.....	22
2.5.1 Tempo de concentração	23
2.5.2 Tempo de pico	24
2.5.3 Tempo de base	24
2.6.1 Tipos de precipitações	25
2.6.2 Medição das precipitações.....	26
2.6.3 Intensidade, Duração e Frequência.....	26
3 METODOLOGIA	28
3.1 Área de estudo	28
3.2 Levantamento Bibliográfico	29
3.3 Levantamento de Dados	29
3.4 Análise dos dados	30
3.5 Elaborar curva de intensidade-duração e frequência.....	31
3.6 Cálculo do Hidrograma Unitário	31
3.7 Elaboração dos Mapas	32
3.7.1 Cobertura do solo	33
3.7.2 Declividade.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Histograma das distribuições mensais	34
4.2 Curva de intensidade-duração e frequência para 2, 10, 50 e 100 anos.....	38

4.3 Hidrograma Unitário.....	39
4.4 Mapas	40
4.4.1 Mapa Hidrográfico	41
4.4.2 Mapa Pedológico	41
4.4.3 Mapa de Precipitação.....	42
4.4.4 Mapa de Declividade	43
4.4.5 Carta Imagem	45
4.4.6 Mapa de Uso do Solo	45
4.4.7 Mapa de curvas de níveis	47
5 CONCLUSÃO.....	49
6 ANEXOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A Hidrologia é a ciência que trata do estudo da água na natureza, constituindo a parte da Geografia Física e envolve, exclusivamente, características, fenômenos e distribuição da água na atmosfera, sobre a superfície da Terra e no subsolo.

Sua seriedade é naturalmente compreensível, pois o papel da água na vida humana é de suma importância. Ainda que os fenômenos hidrológicos mais comuns como as chuvas e o escoamento dos rios, possam aparecer suficientemente conhecidos, devido à regularidade com que a humanidade é habituada, basta lembrar as implicações catastróficas das grandes cheias e estiagens para constatar o inadequado domínio do Homem sobre as leis naturais que reagem a aqueles fenômenos e as precisões de se aprofundar em seu conhecimento. A correlação entre o progresso e o grau de utilização dos recursos hidráulicos evidencia também o importante papel da Hidrologia na complementação dos conhecimentos necessários ao seu melhor aproveitamento (PINTO, 1976).

A bacia hidrográfica tem sido bastante utilizada como unidade de estudo para problemas e modelos de gestão de desenvolvimento de cidades. Assim este estudo tem como objetivo o estudo hidrológico da bacia hidrográfica do Córrego Santa Luzia com enfoque nas precipitações atmosféricas, hidrogramas, escoamentos subterrâneos e superficiais para melhor entender e representar o comportamento da bacia.

Estes estudos hidrológicos são levantamentos de dados hidrológicos e meteorológicos da região, cálculo das precipitações máximas, médias e mínimas da bacia hidrográfica, como também as determinações das características físicas e climáticas da bacia. A importância de se assumir a bacia como unidade hidrológica está relacionado ao fato de que suas características estão relacionadas com a produção de água. A área influencia a quantidade que irá ser produzida de água em uma bacia hidrográfica, como também outros fatores relacionados a área, como a forma e o relevo.

Os estudos de bacias voltadas para a hidrologia de uma determinada região são muito importantes, com os dados das precipitações, deve-se ter o reconhecimento de relevos, tipos de solos, dentre vários outros dados. E o conhecimento dos processos hidrológicos torna-se benfeitor para distintas áreas de atuação, como por exemplo: ao agrônomo interessa a precipitação, infiltração e a evaporação, que são dados necessários para controlar e manejar a água na produção agrícola; o geólogo está mais preocupado com a água do subsolo; e o engenheiro civil necessita de dados de chuva-vazão para o dimensionamento correto das obras de engenharia.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto é elaborar um estudo hidrológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Luzia, que está localizada entre os paralelos $09^{\circ} 49' 35''$ e $10^{\circ} 11' 56''$ de latitude sul e entre os meridianos $48^{\circ} 55' 16''$ e $48^{\circ} 20' 34''$ de longitude oeste, a sudeste do município de Porto Nacional, com enfoque nas precipitações atmosféricas por dados pluviométricos, nos escoamentos superficiais para melhor entender e representar o comportamento da Bacia.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Obter curvas de intensidade-duração e frequência para 2, 10, 50 e 100 anos;
- Obter histograma com as distribuições mensais dos números de dias de chuva mínimos, médios e máximos;
- Obter o Hidrograma Unitário;
- Produzir os mapas temáticos da bacia (pedológico, hidrográfico, precipitação, curvas de níveis, declividades e carta imagem)

1.2 Justificativa

Como um recurso natural indispensável para a sobrevivência dos seres vivos do planeta, a água, é essencial para os ecossistemas da natureza. No entanto a sua preservação se torna necessária para as gerações sucessivas.

Então o estudo das bacias hidrográficas é de suma importância para fornecer subsídios para a determinação das vazões de dimensionamento das estruturas hidráulicas, determinar a capacidade do reservatório, a intensidade e frequência das cheias, capacidade de drenagem, dentre várias outras informações para subsidiar obras hidráulicas na engenharia.

Os dados do estudo serão coletados de alguns esboços existentes, e dados disponíveis em órgão oficiais que permitam a caracterização, elaboração e cálculos da bacia hidrográfica de Santa Luzia.

Para este estudo foi escolhida a Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Luzia pela sua localização estratégica, pois o Córrego é um dos afluentes do Lago de Lajeado, cuja qualidade e quantidade da água têm importância fundamental para o estado do Tocantins e não possui estudos específicos sobre a bacia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hidrologia

Tem tido um desenvolvimento significativo, na hidrologia aos problemas crescentes, resultados da ocupação das bacias, do incremento significativo da utilização da água e do resultante impacto sobre o meio ambiente (TUCCI, 1993).

A Hidrologia é a “ciência que trata dos fenômenos referentes à água em todos os seus estados, de sua repartição e ocorrência na atmosfera, na superfície terrestre e no solo, e da relação desses fenômenos com a vida e com as atividades do homem.” (ALVAREZ E GARCEZ, 1988)

A US Federal Council for Sciences and Technology (1959) define Hidrologia como a ciência que trata da água na Terra, sua passagem, agitação e distribuição, suas características físicas e químicas e sua afinidade com o meio ambiente, incluindo sua relação com a vida.

2.1.1 Introdução à Hidrologia

A Hidrologia é um acontecimento natural do planeta terra que tem ocorrência de fenômenos naturais em todos os aspectos à água em diferentes estados físicos, nas quais define em separadas e alternadas distribuições e acontecimentos na atmosfera, superfície terrestre em contato com o solo promovendo vida e auxiliando nas atividades do homem em todos os aspectos (MEYER, 1948).

O desenvolvimento da Hidrologia tem sido influenciado por aspectos exclusivos do uso da água e controle de desastres. A comissão cita a necessidade de doutrinar profissionais com formação mais ampla, que englobe conhecimento de matemática, física, química, biologia e geociência, para desenvolver uma ciência dentro de um contexto mais vasto (TUCCI, 1993).

No Brasil, os primeiros textos publicados em hidrologia são de Garcez (1961) e Souza Pinto (1973). Por ocasião do Decênio Hidrológico Internacional, foi implantado no Rio Grande do Sul, com a participação da UNESCO, o primeiro curso de pós-graduação em Hidrologia, junto ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH). O IPH tem sido responsável pelo desenvolvimento de modelos de simulação hidrológica, tais como os modelos IPH, determinísticos, tipo chuva-vazão, e os modelos MAG, para auxiliar na gestão de bacias.

2.1.2 Estudos hidrológicos

O estudo da Hidrologia compreende a coleta dos dados básicos como, por exemplo, a quantidade de água precipitada ou evaporada e a vazão dos rios; a análise desses dados para a afirmação de suas relações mutua e o entendimento da influência de cada possível fator e, finalmente, a aplicação dos conhecimentos alcançados para a solução de inúmeros problemas práticos. Deixa, portanto, de ser uma ciência puramente acadêmica para se constituir em uma ferramenta imprescindível ao engenheiro, em todos os projetos relacionados com a utilização dos recursos hidráulicos (PINTO, 1976).

A Hidrologia baseia-se, essencialmente, em elementos observados e medidos no campo. O estabelecimento de postos pluviométricos ou fluviométricos e a sua manutenção ininterrupta ao longo do tempo são condições absolutamente necessárias ao estudo hidrológico.

De uma forma generalizada os estudos hidrológicos fundamentam-se nas precipitações e no escoamento dos rios, ao decorrer do tempo. Ainda que a descendência histórica das vazões e precipitação, constatada no passado, não se repitam atualmente ou em um futuro distante, mantém uma linha média para basear. Assim, os projetos de obras futuras são ordenados com embasamento em dados do passado, considerando-se ou não a probabilidade de se verificarem alterações com relação ao passado (PINTO, 1976).

2.2 Ciclo Hidrológico

O movimento entre as agitações da superfície terrestre e da atmosfera, fechando o ciclo hidrológico, acontece em duas direções, no da superfície-atmosfera, que o fluxo da água ocorre basicamente na forma de vapor, como decorrência dos fenômenos de evaporação e de transpiração, e tem também no fluxo atmosfera-superfície, onde a passagem de água acontece em um estado físico, sendo mais expressivas, em termos mundiais, as precipitações de chuva e neve (SILVEIRA, 2000).

2.2.1 Descrição Geral do Ciclo hidrológico

O comportamento natural da água no ciclo é de transformações de estado e relações com a vida humana é bem caracterizado por meio do conceito de ciclo hidrológico. Pode se considerar que toda água utilizável pelo homem provenha da atmosfera, ainda que este conceito tenha apenas o mérito de definir um ponto inicial de um ciclo que, na realidade, é fechado. A água pode ser encontrada na atmosfera sob a forma de vapor ou de partículas líquidas, ou com gelo ou neve (PINTO, 1976).

Figura 1 - Ciclo hidrológico



Fonte: USGS - United States Geological Survey.

De acordo com a figura 1, podemos analisar e considerar miscigenação de duas fases principais como tais são a atmosfera e a terrestre que inclui do armazenamento temporário de água, transporte e suas mudanças de estado.

Segundo Garcez e Alvarez (1988) apresenta-se o ciclo hidrológico em quatro etapas principais:

- Precipitações atmosféricas;
- Escoamento subterrâneo;
- Escoamentos superficiais;
- Evaporação e transpiração dos vegetais e animais.

É importante ressaltar que a ciclo hidrológico não demonstra um começo e nem fim, pois tem a ocorrência de um fenômeno natural de movimento contínuo e sempre começando na evaporação das águas do oceano (SILVA & CARVALHO, 2006).

Para melhor entendimento do ciclo hidrológico o observaram que as evaporações provem das águas dos oceanos. O vapor é conduzido pela agitação das massas de ar. Em determinadas condições, o vapor é condensado, desenvolvendo as nuvens que procedem em precipitações. A precipitação que incide sobre a terra e é dispersa de diversas formas. Uma parte infiltra e fica temporariamente armazenada na camada superficial do solo, evapora pelo processo de evaporação ou transpira pelas plantas, tem também a outra parte da água que esco sobre a superfície do solo, ou através do solo para os rios (VILELLA & MATTOS, 1975).

2.3 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é considerada um preceito físico onde a entrada da água é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando também as perdas intermediárias dos volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente (TUCCI,1993).

A função hidrológica da bacia hidrográfica é o de mudar uma entrada de volume concentrada no tempo, que é a precipitação, resultando em uma saída de água que é o escoamento de forma mais distribuída no tempo (TUCCI,1993).

A bacia hidrográfica espacialmente corresponde a um espaço no qual os escoamentos superficiais drenam até um ponto específico, área ou acidente geográfico. Esse espaço, então, corresponde a um sistema espacial no qual se inter-relacionam e interatuam os recursos naturais, os fatores ambientais que os condicionam e o homem que valoriza ou deteriora o espaço por meio do uso e ocupação do solo (ROCHA, 1991).

A bacia hidrográfica é considerada como um sistema físico, sendo sua entrada representada pelo volume de água precipitado e sua saída o a quantidade de água escoada, levando em consideração as perdas de toda água que sai do sistema por evaporação, transpiração e infiltração para o subterrâneo (SILVEIRA, 2000).

Neste contexto, a vantagem de ter a bacia hidrográfica como unidade de estudo é o fato da mesma ser uma unidade natural e não uma unidade arbitrada pelo pesquisador. Além de ter na rede de drenagem a destinação de boa parte dos resultados das ações antrópicas de uso e ocupação do seu solo (LANNA, 1995).

A bacia hidrográfica é uma área delimitada topograficamente, drenada por um caminho da água ou um sistema integrado de cursos d'água, tendo uma simples saída para que toda a vazão efluente seja aliviada (VIESSMAN e HARBAUGH, 1972).

2.3.1 Características físicas da bacia hidrográfica

Para entender o funcionamento de uma bacia, torna-se necessário expressar quantitativamente as manifestações de forma (LIMA, 2008).

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo de cobertura vegetal. Desse modo, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando dentre

outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub superficial (PEDRAZZI, 2003).

Muitos parâmetros físicos foram desenvolvidos, alguns deles aplicáveis à bacia como um todo, enquanto que outros relativos a apenas algumas características do sistema. O importante é reconhecer que nenhum desses parâmetros deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia hidrográfica, a qual inclusive tem magnitude temporal (LIMA, 2008).

Mas oferecem condições para supor o comportamento de cada bacia nas diferentes condições, assim como pode ser usado para comparar uma determinada bacia em relação a outra no que diz respeito a alguns aspectos, como o risco de enchentes.

Algumas informações primárias podem ser obtidas direto do ArcGis, assim é preciso entender que o MDEHC não é uma simples imagem com o traçado da hidrografia sobreposto a ela, cada célula contém informações que podem ser utilizadas na caracterização das regiões de interesse. As informações (área, perímetro, comprimento dos rios e declividade) podem ser obtidas diretamente do que foi produzido pelo geoprocessamento e, indiretamente, alguns índices serão calculados para que permitam supor o comportamento da bacia.

2.3.2 Forma da bacia

A forma superficial de uma bacia é importante devido ao tempo de concentração, definido como o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua na seção de estudo ou, em outras palavras, o tempo que leva a água do limite da bacia para chegar à saída do curso do rio principal (VILELLA & MATTOS, 1975).

Por meio das comparações de forma, é possível entender como duas bacias hidrográficas que tenham a mesma área poderão ter respostas hidrológicas completamente diferentes em função de sua forma, já que esta condicionará o tempo de concentração. Entre os parâmetros utilizados para medir a forma de uma bacia hidrográfica encontram-se os índices de Greavelius ou coeficiente de compacidade e o fator de forma (TASSI & COLLISCHONN, 2008).

2.3.3 Ordem da bacia

O sistema de drenagem de uma bacia é formado pelo rio principal e seus tributários. A classificação dos rios quanto à ordem reflete no alcance da ramificação ou bifurcação dentro

de uma bacia. Os cursos d'água maiores possuem seus tributários, que por sua vez possuem outros até que chegue aos minúsculos cursos d'água da extremidade. Normalmente, quanto maior o número de ramificações maior serão os cursos d'água. Dessa forma, podem-se classificar os cursos d'água de acordo com o número de bifurcações (PEDRAZZI, 2003).

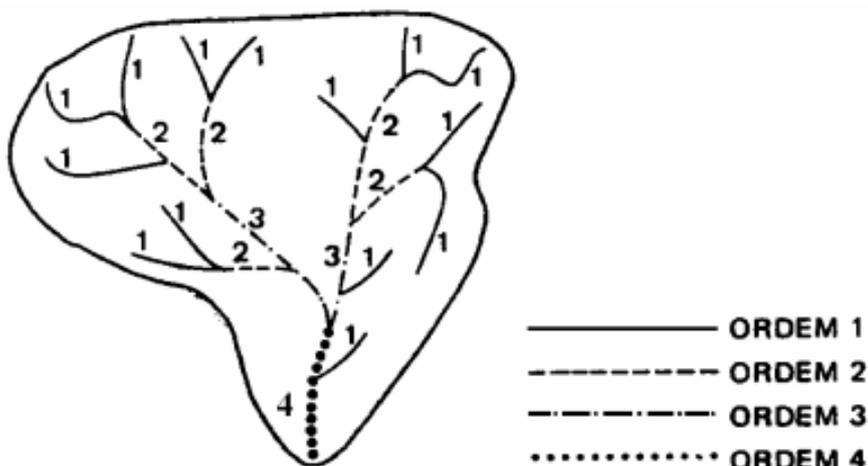
O estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema é importante, pois ele indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. O padrão de drenagem de uma bacia depende da estrutura geológica do local, tipo de solo, topografia e clima. Esse padrão também influencia no comportamento hidrológico da bacia. Dessa forma, o Engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter, do extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), desenvolveu um eficiente e engenhoso método de subdivisão e codificação de bacias hidrográficas, utilizando dez algarismos, diretamente relacionado com a área de drenagem dos cursos d'água (SILVA & CARVALHO).

Ordem dos cursos d'água e razão de bifurcação: De acordo com a Figura 2, adota-se o seguinte procedimento:

- Os cursos primários recebem o número 1;
- A união de 2 de mesma ordem dá origem a um curso de ordem superior;
- A união de 2 de ordem diferente faz com que prevaleça a ordem do maior.

Quanto maior R_b média, maior o grau de ramificação da rede de drenagem de uma bacia e maior a tendência para o pico de cheia.

Figura 2 - Ordem Strahler



2.4 Solos

O solo, juntamente da luz solar, o ar e a água, é uma dos quatro condicionantes da vida na Terra (Lepsch, 2002). A Pedologia, que afamou como ciência por volta da segunda metade do século XIX, estuda o solo como um adequado e peculiar corpo vivo da natureza. No entanto, antes de chegar à qualidade de ser estudado na conformação de uma ciência, com seus vários ramos, muitas vezes o solo foi avaliado como um simples meio de suporte às plantas, ou um mero fornecedor de subsídios nutritivos, ou ainda um simples manto de intemperismo das rochas (ESPINDOLA, 2008).

Neste sentido, a definição de solo varia de acordo com a especialidade, formação, utilidade e ponto de vista com que tal recurso é analisado. Multiplicidades de características surgem em função da abordagem utilizada. Enquanto para um agrônomo o solo é a base para o crescimento de vegetais, para o engenheiro civil é o suporte para sua construção; já para o geólogo é o produto do intemperismo das rochas (MILLER, 1993).

O pedólogo pode provir de diversas formações, requerendo usualmente uma formação adicional, para adquirir conhecimentos adequados, mormente para trabalhos de campo (Espindola, 2008). Para este profissional, o solo é a coleção de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, e é oriundo da ação do clima e da biosfera sobre a rocha, na qual a transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo (FONSECA, 2009).

Entende-se o solo como um corpo natural organizado, no qual o clima e os organismos são fatores ativos que atuam durante determinado tempo e em certas condições de relevo sobre o material de origem, que é fator de resistência (LEPSCH, 2002).

2.4.1 Classificação do solos

No Brasil, o mapeamento de solos possui uma demanda constante, em todo o território nacional, das instituições de pesquisa e órgãos de planejamento, dado que, quando em escala adequada, é uma importante ferramenta para o planejamento da ocupação racional das terras. É comum a carência dessas informações, já que várias são as limitações para a aquisição de dados de solos ou de seus atributos, entre elas o custo elevado dos levantamentos de solos (MENCONÇA, SANTOS & SANTOS, 2003).

O levantamento de solos, combinado com Sistemas de Informação Geográfica, permite que os planejadores de uso da terra tomem importantes decisões sobre alocação de recursos. Os

mapas de solos e as informações descritivas finais são usadas de várias formas práticas, tanto por pedólogos como por não pedólogos (BRADY & WEIL, 2010).

Para os geógrafos, é o suporte onde as sociedades humanas se estruturam, extraem os recursos para a sobrevivência e organizam o espaço físico territorial. O pedólogo pode provir de diversas formações, requerendo usualmente uma formação adicional, para adquirir conhecimentos adequados, mormente para trabalhos de campo (Espindola, 2008). Para este profissional, o solo é a coleção de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, e é oriundo da ação do clima e da biosfera sobre a rocha, na qual a transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo (FONSECA, 2009).

2.4.2 Uso do solo

O acompanhamento e avaliação dos impactos do uso do solo sobre os ambientes naturais pelo meio de imagens de satélites são essenciais para que se dê a idealização de áreas afetadas. Além disso, sabe-se que a crescente urbanização e o veloz crescimento populacional acompanhado pelo desenvolvimento cada vez maior de modernas técnicas agrícolas levam ao uso marcante do solo, seja para a agricultura ou também para uso urbano. Segundo (LIMA, ROSA, & FELTRAN, 1989) o uso do solo nada mais é que a forma como o solo está sendo utilizado pelo homem. Esse uso pode provocar alguns danos ao meio ambiente, como erosão intensa, inundações, assoreamento dos reservatórios e cursos d'água.

Segundo (CAMPOS, 2004), o geoprocessamento constitui uma técnica fundamental para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite são muito importantes e úteis, pois permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento. Verifica-se então que a identificação e mapeamento dos solos servem como auxílio para planejamentos agrícolas, levantamentos do uso da terra, estudos de terras para irrigação, monitoramentos ambientais, entre outros. Com isso, o desenvolvimento de um sistema para classificar dados sobre uso da terra, obtidos a partir da utilização de técnicas de geoprocessamento tem sido muito discutido. O tipo e a quantidade de informações sobre uso da terra dependem da resolução espacial, radiométrica, espectral e temporal dos diferentes sistemas sensores.

2.4.3 Levantamento Pedológico

O mapa pedológico clássico é baseado no padrão que descreve atributos dos solos de uma apontada área, classifica-os conforme o sistema vigente, delimita margens no mapa e

permite fazer inferências sobre o comportamento dos solos quanto ao uso e ao manejo. (Soil Survey Staff, 1993).

O fator relevo promove no solo diferenças que podem ocorrer a distâncias relativamente pequenas. Influencia na dinâmica da água e da erosão, na distribuição da luz e na altitude e, por conseguinte, nos microclimas e na temperatura do solo e velocidade da meteorização. Exemplificando, os solos formados em declives muito íngremes podem apresentar, localmente, condições de clima semi-árido, mesmo que estejam em regiões úmidas (PALMIERI & LARACH, 2009).

Porém, correlações entre configuração do terreno e classes de solos e/ou características de solos são válidas para condições fisiográficas específicas. O aspecto relevo local tem marcantes influências nas condições hídricas e térmicas dos solos e, por conseguinte, no clima do solo. Estas influências se refletem, principalmente, em microclimas e na natureza da vegetação natural e em características e propriedades dos solos (PALMIERI & LARACH, 2009).

Sendo assim, diferentes tipos de solos em diferentes posições do relevo podem revelar que os processos de formação também foram diferentes para cada segmento de uma vertente. Assim, o ombro de uma encosta é caracterizada pela erosão, a sua parte intermediária é marcada pelo transporte de sedimentos, ao passo que, o sopé, pela deposição de materiais. Isto é, na parte superior da vertente, a intensidade da chuva supera a velocidade de infiltração, produzindo um fluxo excedente, o qual se desloca na meia encosta do terreno, o fluxo se concentra, a princípio dando lugar a canais de pequena largura e profundidade, os quais evoluirão para canais mais profundos vertente abaixo. O segmento de base da vertente constitui-se de uma zona de depósito (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Neste sentido, sabe-se que clima, organismos, relevo, material de origem e o tempo atuam juntos, configurando os processos formadores do solo. Todavia, o mapeamento de solos baseia-se na interpretação das variações desses fatores de formação e o entendimento de sua influência na distribuição dos solos na paisagem, no qual o relevo é útil para se dividir a superfície em unidades de características qualitativamente homogêneas. Isto é, pode ser útil como ferramenta na distinção de ambientes pedogenéticos, o que facilita o processo de mapeamento de solos (LAMMERS & JOHNSON, 1991).

2.4.4 Carta imagem

A carta imagem, é uma representação dos aspectos naturais ou artificiais da Terra destinadas a fins utilitários da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes e ela é feita a partir de uma imagem de satélite.

Cada carta-imagem possui dados sobre áreas urbanas e as fundamentais informações da paisagem, tais como a rede hidrográfica, a cobertura vegetal, o uso do solo, as áreas agrícolas, além de informações cartográficas tais como rodovias, ferrovias, nomes de rios, córregos, arroios, cidades, coordenadas geográficas, geodésicas e escala de trabalho.

A Cartografia pode ser definida também com um conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, fundamentado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, com vistas à elaboração e preparo de cartas, mapas planos e outras formas de expressão, bem como sua utilização (ZIMBACK, 2003).

2.5 Hidrograma Unitário

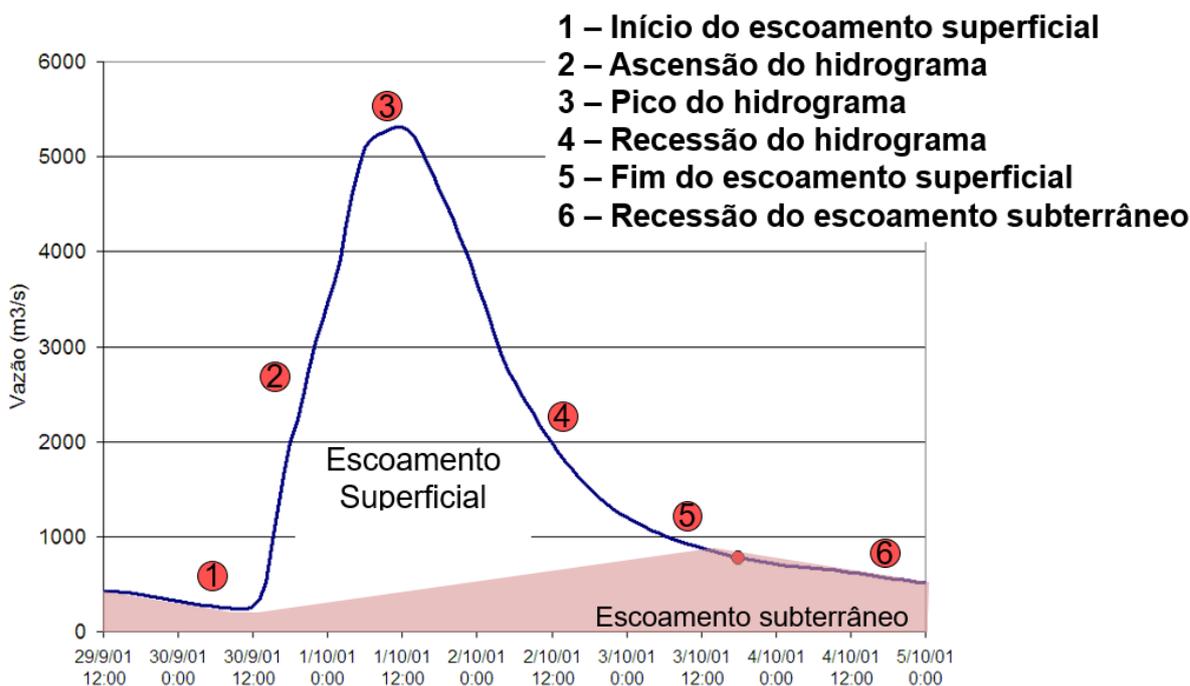
O Hidrograma é o gráfico que relaciona a vazão ao tempo e é o resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico. O Hidrograma Unitário pode ser definido como resultante de um escoamento superficial de 1 cm de uma chuva com uma certa duração. No hidrograma sintético, segundo PORTO, 1995, é determinada a vazão de pico e a forma do hidrograma baseado em um triângulo tendo as características físicas da bacia.

As hipóteses fundamentais do hidrograma unitário segundo Drenagem Urbana, 1986, e de MCcuen, são as seguintes:

- A intensidade da chuva efetiva é constante durante a tormenta que produz o hidrograma unitário;
- A chuva efetiva é uniformemente distribuída em toda a área de drenagem da bacia;
- O tempo base ou tempo de duração do hidrograma do deflúvio superficial direto devido a uma chuva efetiva de duração unitária é constante.

O gráfico representado no HU, apresenta diversas informações:

Figura 3 - Gráfico do Hidrograma Unitário



Fonte: Apostila Walter Collischonn/UFRGS

2.5.1 Tempo de concentração

De acordo com PINTO; HOLTZ e MARTINS (2003), o tempo de concentração é o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação para que toda a bacia hidrográfica passe a contribuir na seção de estudo. Segundo (TUCCI, 2007) existem dezenas de fórmulas para estimar o tempo de concentração em uma bacia hidrográfica, cada uma com um desempenho melhor para o caso o qual foram elaboradas. Nas bacias rurais a rugosidade da superfície e a intensidade da chuva tendem a serem menos influentes do que nos canais para definir t_c , pois o tempo que o escoamento ocorre sobre a superfície é bem menor do que no canal natural.

Conforme o Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo (CTH) o tempo de concentração t_c não é uma constante para uma dada área, mas varia com o estado de recobrimento vegetal e a altura e distribuição da chuva sobre a bacia. Mas para períodos de retorno superior a dez anos, a influência da vegetação parece ser desprezível.

A obtenção do tempo de concentração é uma informação importante, porém difícil de ser obtida. Enfim como diz (McCUEN, WONG, & RAWLS, 1984) o projetista deve saber que não é possível obter o valor do tempo de concentração por um simples método.

Tempo necessário para que a água precipitada no ponto mais distante da bacia escoe até o ponto de controle, exutório ou local de medição.

Para determinada bacia, deve-se usar a Fórmula de Ven Te Show.

$$T_c = 0,8773 \times \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0,64} \quad 1$$

Onde:

Tc - tempo de concentração em horas;

L – estirão em Km;

i – declividade do rio principal em m//km;

2.5.2 Tempo de pico

“É o intervalo de tempo entre o centro de massa da precipitação e o pico de vazões do hidrograma.” (TUCCI, 1993)

É o tempo em que decorre uma máxima de cheia na bacia considerada, sendo também expresso em horas.

$$t_p = 0,5 \cdot t_r + 0,6 \cdot t_c \quad 2$$

t_r = Tempo de descida ou retomo. É o tempo decorrente até a normalização da descarga da bacia considerada após a precipitação. É fornecido em horas. $t_r = 1,67 t_p$ $t_b =$

2.5.3 Tempo de base

Tempo base. É o tempo medido entre o início e o final da precipitação, enquanto a bacia volta a ter a sua descarga normal, sendo obtido em horas.

$$t_b = 2,67 \cdot t_p \quad 3$$

2.6 Precipitação

Precipitação atmosférica se caracteriza por um conjunto chuva formado por vapores d'água que pendem sobre o solo, a qual pode estar em estado líquido ou sólido. (ALVAREZ, GARCEZ, & ACOSTA, 1988)

Toda água nativa do meio atmosférico que se encontra na superfície terrestre, como granizo, orvalho, neblina, chuva, geada, neve, são distintas formas de precipitações (TUCCI, 2007).

As maneiras mais comuns de medir a precipitação são através do uso de pluviômetros e pluviógrafos (SANTOS, 2001).

O pluviômetro é um aparelho utilizado para a quantificação da chuva total acumulada num dado período de tempo. Já o pluviógrafo é um aparelho usado na quantificação da intensidade da chuva, que registra automaticamente as variações da precipitação ao longo do tempo (TUCCI, 2007).

A precipitação em uma bacia durante o ano é um fator determinante para quantificar, entre outros, a obrigação de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. A cotação da amplitude da precipitação é importante para o controle de inundação e da erosão do solo. Por sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia (TUCCI, 1993).

2.6.1 Tipos de precipitações

O movimento vertical das massas de ar é um requisito importante para a formação das precipitações, que podem ser classificadas de acordo com as condições que produzem o movimento vertical do ar. Neste sentido, o rápido resfriamento de grandes massas de ar pode ser produzido de forma ciclônica, orográfica e convectiva. Normalmente quando ocorre a precipitação, mais de um desses processos são ativados.

Deve-se a variação dos tipos de chuva devido a ascensão do ar em altitude, os quais dão origem aos três principais tipos de chuva (ALVAREZ, GARCEZ, & ACOSTA, 1988).

- **Frontal:** Ocorre geralmente em zonas litorâneas, devido ao encontro das massas de ar quentes com as massas de ar frias. A formação da massa de ar frio ocorre nos oceanos e quando há o encontro das duas massas frontalmente, o primeiro provoca condensação do vapor d'água, transformando-se em gotas de águas.
- **Orográfica:** Chuva ocorrida em barreiras de montanhas abruptas, as quais provocam o desvio para a vertical (ascendente) das correntes de ar quente e úmido (exemplo típico são as precipitações que ocorrem na serra do Mar).
- **Convecção térmica:** Chuva típica de verão ou a que ocorre com frequência em alguns estados da região norte, devido ao sol intenso ocorre a evaporação acelerada e

formação de nuvens, acontecendo a precipitação rápida esvaziando a umidade atmosférica causada pela a evaporação constante.

2.6.2 Medição das precipitações

As precipitações abrangem também as grandezas que caracterizam a chuva:

- Altura pluviométrica ou altura de precipitação (P ou R): é o tamanho médio da lâmina de água precipitada que resguardaria a região atingida pela precipitação permitindo se que essa água não se infiltrasse e também não se evaporasse nem mesmo escoasse para fora dos limites da região.
- Duração: É o tempo de duração no qual a precipitação acontece.

2.6.3 Intensidade, Duração e Frequência

Para trabalhos de engenharia é necessário conhecer as três grandezas que caracterizam as precipitações máximas: intensidade, duração e frequência (TUCCI, 1993). A determinação da relação entre estas três variáveis (curvas i-d-f) deve ser deduzida das observações das chuvas intensas durante um período de tempo suficientemente longo e representativo dos eventos extremos do local. A metodologia de séries anuais baseia-se na seleção das maiores precipitações anuais de uma duração escolhida que representaram os eventos extremos.

A intensidade de precipitação tem como medida mais usual a altura da água ou lâmina na superfície do terreno, e os aparelhos mais utilizados para essa medição são os pluviômetros e os pluviógrafos (ALVAREZ, GARCEZ, & ACOSTA, 1988)

$$i = \frac{C}{(t + t_0)^n} \quad 4$$

Muitos autores associam C com o período de retorno t , relaciona na seguinte equação;

$$C = KT^m \quad 5$$

Onde:

I: Intensidade máxima média(mm/h);

T: Período de retorno, em anos;

t: Tempo de duração ou concentração de chuva, em minutos;

K, a, b e c: Coeficientes de ajustamento específicos para cada localidade em dados climatológicos.

A intensidade da precipitação varia durante sua duração, para chuvas de curta duração, menores do que 30 min, o histograma é caracterizado por grandes intensidades no

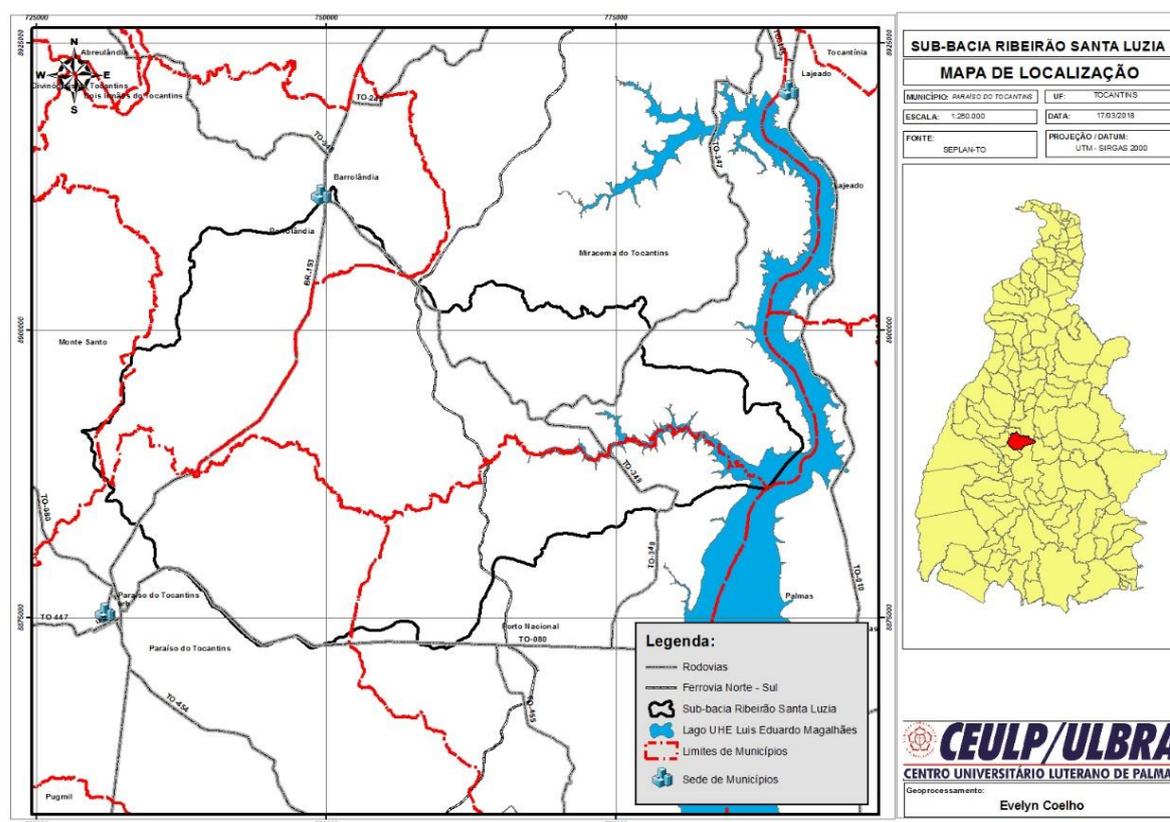
início da precipitação; para chuvas de duração intermediária, menores do que 10 h, o histograma é representado por intensidades maiores na primeira metade da duração; para chuvas de grande duração, acima de 10 h, o histograma apresenta intensidades mais uniformes (SILVEIRA, 2000).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O presente trabalho será desenvolvido na bacia do Córrego Santa Luiza, sendo que as mesmas abrangem partes dos os municípios de Barrolândia, Miracema do Tocantins, Paraíso do Tocantins, e Porto Nacional, conforme demonstrado no mapa de localização abaixo.

Figura 4 – Mapa de Localização da bacia de Santa Luiza



Fonte: Elaborado pelo Autor

A bacia hidrográfica do Córrego Santa Luiza, está localizada entre os paralelos $09^{\circ} 49'35''$ e $10^{\circ} 11'56''$ de latitude sul e entre os meridianos $48^{\circ} 55'16''$ e $48^{\circ} 20'34''$ de longitude oeste, a sudeste do município de Porto Nacional. A bacia do Córrego Santa Luiza possui área de $4.659,67 \text{ km}^2$ e sua foz está situada dentro da área urbana, sendo um contribuinte direto do Rio Tocantins.

O período de concentração das chuvas ocorre entre os meses de outubro e abril, correspondendo à cerca de 80% da pluviosidade anual, sendo que em contrapartida o período

considerado seco se prolonga tipicamente do mês de maio ao mês de setembro (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO NACIONAL, 2007).

3.2 Levantamento Bibliográfico

Devido à importância das características geomorfológicas e comportamento hidro geológico, para o desenvolvimento do presente trabalho foi realizado um estudo bibliográfico através de literaturas especializadas da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Luzia. Utilizou-se como referências trabalhos já realizados nesta bacia, o que fomentou a pesquisa. Foram utilizados dados retirados do site da ANA, que disponibiliza informações das estações pluviométricas e fluviométricas.

Desta forma, com as informações sobre as variáveis geomorfológicas (hipsometria, declividade, orientação das vertentes e tipos de formas do terreno) do Córrego Santa Luzia, e mediante técnicas de geoprocessamento visou gerar dados de apoio para gestão com maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e viabilidade do estudo.

3.3 Levantamento de Dados

Para analisar e definir qual é o tipo de chuva, e examinar todos dados pluviométricos da região, foi necessário avaliar qual era a estação mais próxima do córrego, e foi definida a estação em Paraíso do Tocantins – TO onde se encontrou um pluviômetro, pelo site da ANA que disponibiliza uma base de dados e é responsável pela coordenação da Rede Hidro meteorológica Nacional (RHN).

Dentro do site da ANA, possui uma ferramenta chamada HidroWeb integrante do sistema nacional de informações sobre recursos hídricos e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela rede de hidro meteorológica nacional, reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos. Trata-se de uma importante ferramenta para a sociedade e instituições públicas e privadas. Pois os dados coletados pelas estações hidro meteorológicas são imprescindíveis para a gestão de recursos hídricos. Os dados disponíveis no portal HidroWeb se referem a registros diários feitos pelos observadores e medições feitas em campo pelos técnicos em hidrologia e engenheiros hidrólogos.

Será utilizada a precipitação mais crítica que possa voltar a acontecer na região, podendo assim calcular a vazão da bacia a partir da precipitação pelo o seu tempo de retorno e intensidade por métodos usuais como tais.

Para os dados de elaboração dos mapas, serão retirados do site da SEPLAN, que possui uma base de dados muito rica, com informações cartográficas tais como rodovias, ferrovias, nomes de rios, córregos, arroios, cidades, coordenadas geográficas, geodésicas e escala de trabalho.

Já para o cálculo de intensidade duração e frequência, foi necessário utilizar o software Pluvio 2.1 para determinar os parâmetros de chuvas intensas para um grande número da bacia.

3.4 Análise dos dados

Os aplicativos computacionais que vão ser utilizados, são Google Earth, Autocad Map, ArcMap, ArcGis, Pluvio 2.1, Excel, e Word.

Estes aplicativos foram utilizados no planejamento das atividades, apoio na busca de informações de campo, no descarregamento e pós-processamento dos pontos coletados com receptor GPS, no tratamento dos dados pluviométricos, na obtenção do hidrograma de escoamento, no georreferenciamento do mapa base e da imagem de alta resolução, na digitalização dos temas de usos do solo, quantificação de áreas e na edição final dos mapas.

Serão analisados valores de precipitação diária dos anos de 1976 a 2016, separando-se manualmente o acumulado de precipitação de cada mês para todos os anos, destacando-se os meses que não possuem todos os valores de precipitação diária. Assim, será possível obter a precipitação média mensal utilizando todos os anos de dados acessíveis, e partindo desses valores será determinado o ano hidrológico, correspondente a um intervalo fixo de 12 meses, começando no início do período chuvoso e terminando no fim da estação seca, segundo (PINTO, 2007)

Será utilizado o software Excel para a análise e elaboração dos gráficos de histograma com as distribuições mensais dos números de dias de chuva mínimos, médios e máximos.

Determinado o ano hidrológico serão selecionados, também de forma manual, os anos hidrológicos completos, ou seja, aqueles em que se tem todos os valores de precipitação diária, para serem utilizados na determinação dos valores de máxima precipitação anual, o tamanho da série histórica será encontrada, e para cada ano hidrológico completo ira se determinar a precipitação máxima diária anual, sendo esta correspondente ao maior valor de precipitação ocorrido em um dia ao longo do ano em questão.

3.5 Elaborar curva de intensidade-duração e frequência

Para elaborar as curvas de intensidade-duração serão necessário determinar os parâmetros (K, a, b e c) da equação de chuvas intensas para a região, será utilizado o software pluvio 2.1.

Este software permite determinar os parâmetros de chuvas intensas para um grande número de localidades brasileiras. O principal fator climático que interfere no processo erosivo é sem dúvidas a chuva. O conhecimento da equação que relaciona a intensidade, duração e frequência da precipitação é de vital importância para estimativa da erosão. Este software possibilita a obtenção da equação de chuvas intensas para qualquer localidade dos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Tocantins, para os demais estados, permite-se a sua obtenção apenas para localidades em que já existem as equações (PRUSKI, 2009), neste caso cabe ao usuário fornecer a latitude e a longitude da localidade de interesse ou identificá-la a partir de um banco de dados em que constam as latitudes e longitudes de sedes de municípios, vilas e distritos.

Este software permite a obtenção dos parâmetros K, a, b, c da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação (SILVA, 2006).

A estimativa dos valores de precipitação, para cada tempo de recorrência selecionado, será realizada a partir da distribuição estatística. Para tal, foi necessário determinar os valores de média e desvio padrão referentes as máximas precipitações anuais. Aplicando a Equação,

$$I \text{ (mm/h)} = \frac{k * T^{ano^a}}{(T_{min} + b)^c}$$

6

Foi possível obter a altura máxima de precipitação de 1 dia para os tempos de recorrência de 5, 10, 50 e 100 anos.

3.6 Cálculo do Hidrograma Unitário

Pensando que uma bacia é um sistema que transforma chuva em vazão e que esta vazão gerada é o grande interesse dos estudos hidrológicos, a primeira demanda é a escolha do modelo que permitirá estimar a resposta da bacia. A vazão gerada por um evento de chuva é resultado da combinação de dados da própria precipitação com as características da bacia em questão; dependendo destas duas variáveis, seleciona-se o modelo mais adequado para obtenção da resposta. Um dos métodos mais simples e mais utilizados para obtenção do volume de escoamento superficial (e que será utilizado neste estudo) é o método do SCS (*Soil*

Conservation Service) o qual considera o fato de que apenas quando o solo estiver saturado será gerado escoamento superficial.

O Hidrograma possui algumas variáveis características que permitem a sua determinação como o tempo de pico, tempo de base e a vazão de pico. É através da regionalização destas variáveis com base em características físicas que se pode estimar o HU para regiões sem dados observados e este recebe a denominação de hidrograma sintético.

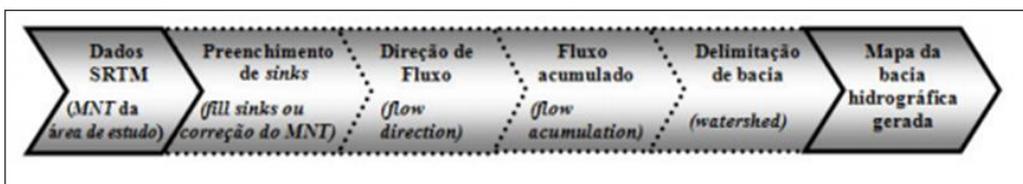
Para o cálculo do HU, inicialmente deve-se calcular o tempo de concentração já coletado os dados de comprimento da bacia e da sua maior diferença de cotas. Logo após, deve se calcula o tempo de pico, que é o tempo máximo em que se atinge a maior vazão, e logo em seguida calcula o tempo de base. E com todas as variáveis calculadas, temos a vazão base, para usarmos em projetos de engenharia.

3.7 Elaboração dos Mapas

A elaboração dos mapas partiram das necessidades de informações para o estudo hidrológico da bacia de Santa Luzia, e foram utilizados dados do SEPLAN obtidos como informados acima no levantamento dos dados.

A metodologia de delimitação da bacia do córrego Santa Luzia será desenvolvido no software de Sig ArcGis 10.3, sendo que a elaboração consiste em um processo que subdivide-se em quatro etapas: preenchimento de depressões, direção de fluxo, fluxo acumulado e delimitação de bacias, conforme proposto por (DIAS, 2004). Na figura 5 contém de forma esquematizada as etapas metodológicas para delimitação da bacia e classificação das vertentes.

Figura 5 - Etapas Metodológicas para Delimitação da Bacia Córrego Santa Luzia.



Fonte: Dias *et al.*, (2004).

A primeira etapa será aplicar um filtro no MDE oriundos do SRTM que originalmente vem com falhas em algumas áreas geralmente pela incidência de corpos hídricos e relevo acidentado. A etapa seguinte será determinar a direção de fluxo de água na rede de drenagem obtida pela ferramenta “*flow direction*”, que produz uma grade regular determinando as direções de fluxo, estabelecendo por base a linha de maior declividade do terreno.

Posteriormente será determinado o fluxo acumulado que é um parâmetro que indica o grau de confluência do escoamento e pode ser associado ao fator comprimento de rampa

aplicado em duas dimensões. O fluxo acumulado, também denominado área de captação, apresenta obtenção complexa, manual ou computacional, uma vez que reúne, além de características do comprimento de rampa (conexão com divisores de água a montante), também a curvatura horizontal (confluência e divergência das linhas de fluxo)

Finalmente a delimitação das bacias será realizada processando os mapas de direção de fluxo e fluxo acumulado na função “Watershed”. O valor da área bacia hidrográfica gerada corresponde à quantidade de células que serão processadas. Como cada célula do MDT que será obtido do SRTM possui “pixels” de 30 m, a área de cada “pixel” é equivalente a 900m².

3.7.1 Cobertura do solo

A metodologia empregada para classificação da cobertura do solo será a classificação supervisionada que baseia no método de classificação que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, esses dirão qual a probabilidade de um pixel pertencer ou não à uma determinada classe ou a outra, levando em consideração a localização do mesmo segundo a distribuição espectral da classe (SADECK, 2009).

Para fins de mapeamento temático, como acontece no caso desta proposta de pesquisa, normalmente aplica-se essa técnica. Nesse tipo de classificação, é necessário que o usuário conheça alguma feição da área a ser classificada, antes de iniciar o processo. Essas áreas podem então ser usadas como padrão de comparação, com o qual todos os pixels desconhecidos da imagem serão comparados para decidir a qual classe eles pertencem.

Utilizando-se do software de sensoriamento remoto ArcGis, será inserida a composição multiespectral LANDSAT, qual posteriormente será ativado a ferramenta de classificação de imagens, por meio dessa ferramenta será possível criar polígonos das regiões de interesse que servirão de base para a classificação supervisionada.

A partir daí, podemos criar o mapa de uso do solo para levantamentos sobre recursos naturais e uso da terra que são de extrema importância para o auxílio ao planejamento, monitoramento e controle do processo de ocupação do solo. Neste contexto, tornam-se necessários estudos com o objetivo de caracterizar e monitorar o meio físico, e que dêem suporte a execução de ações voltadas à recuperação dessas áreas. Uma ferramenta que tem se mostrado eficaz para pesquisas dessa natureza é sensoriamento orbital de imagens, já que possibilita em um curto espaço de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações.

Aliado ao geoprocessamento, o sensoriamento remoto constitui numa tecnologia indispensável ao estudo e a análise das variações ambientais terrestres.

3.7.2 Declividade

A determinação da declividade será a partir de dados de radar SRTM do projeto TOPODATA. Será iniciado com a importação da imagem, posteriormente gerado um arquivo raster de inclinações, será definindo a metodologia de porcentagem, finalizando com a classificação dos intervalos conforme proposta pela SEPLAN (2000).

A declividade é a relação trigonométrica entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos, ou seja, é a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. Ela é importante para determinar a angulação da vertente e prever qual o seu tipo modelado com a ajuda concomitantemente da hipsometria local.

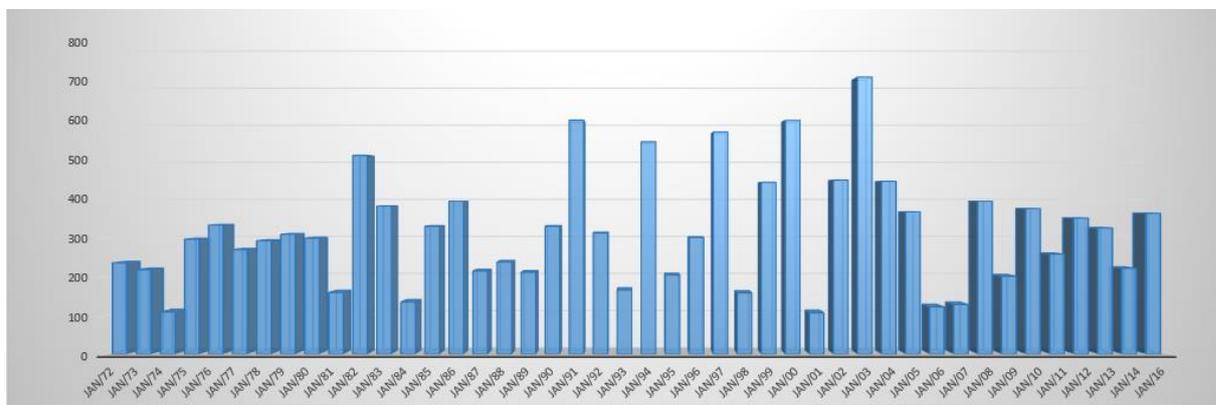
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Histograma das distribuições mensais

Foram elaborados os gráficos em barras de distribuições mensais de cada mês, entre os anos de 1972 a 2016, para ter uma melhor verificação de eventos de chuvas anuais que dependendo da intensidade horária poderá favorecer processos erosivos no solo.

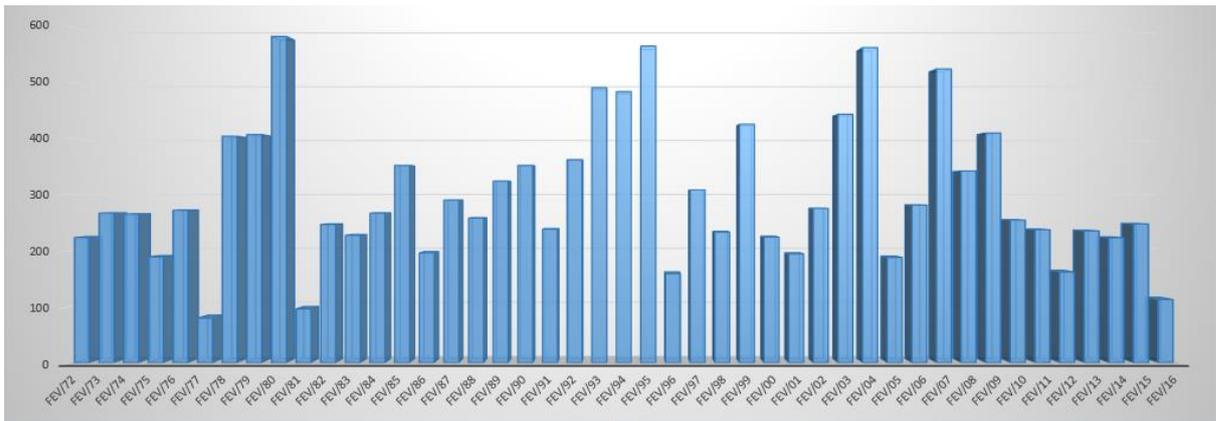
Podemos afirmar que o regime hídrico da bacia de Santa Luzia é bem definido, apresentando um período de estiagem que culmina em junho/agosto e um período de cheias culminando em dezembro/fevereiro. Há anos em que as enchentes ocorrem mais cedo, no mês de outubro, dependendo da antecipação das chuvas nas cabeceiras.

Gráfico 1 - Precipitação Janeiro (1972-2016)



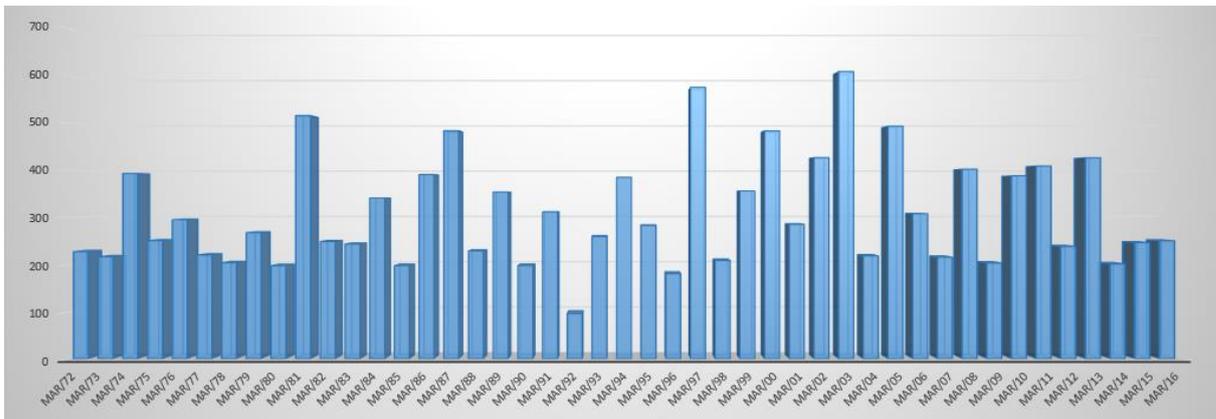
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 2 - Precipitação Fevereiro (1972-2016)



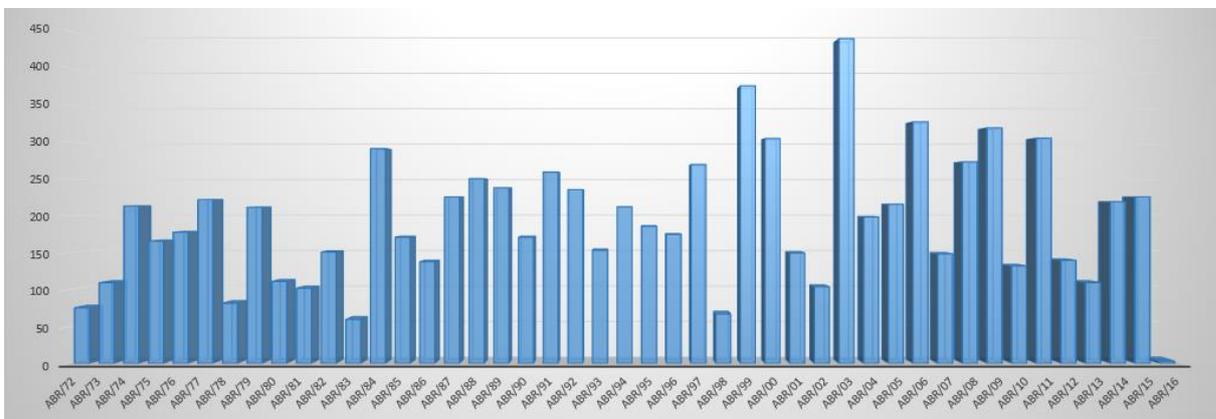
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 3 - Precipitação Março (1972-2016)



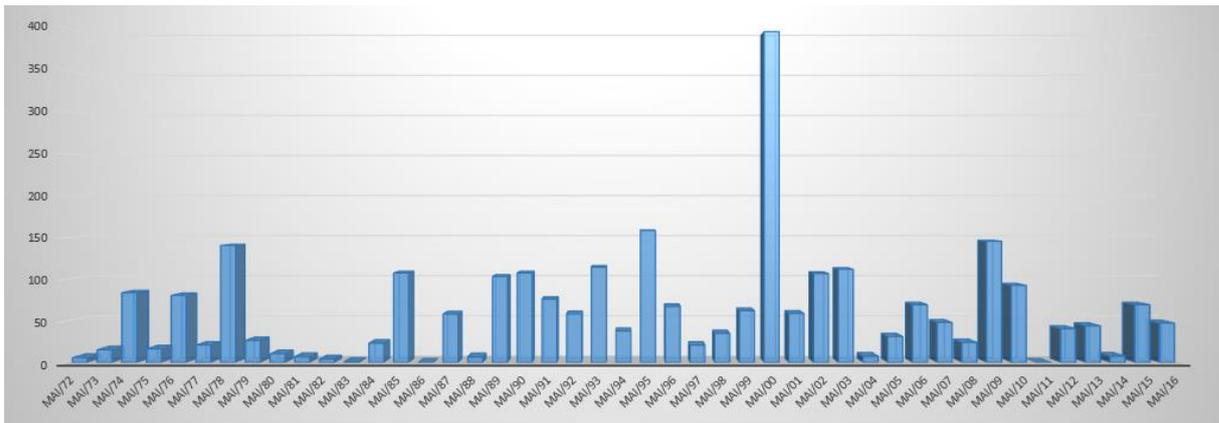
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 4 - Precipitação Abril (1972-2016)



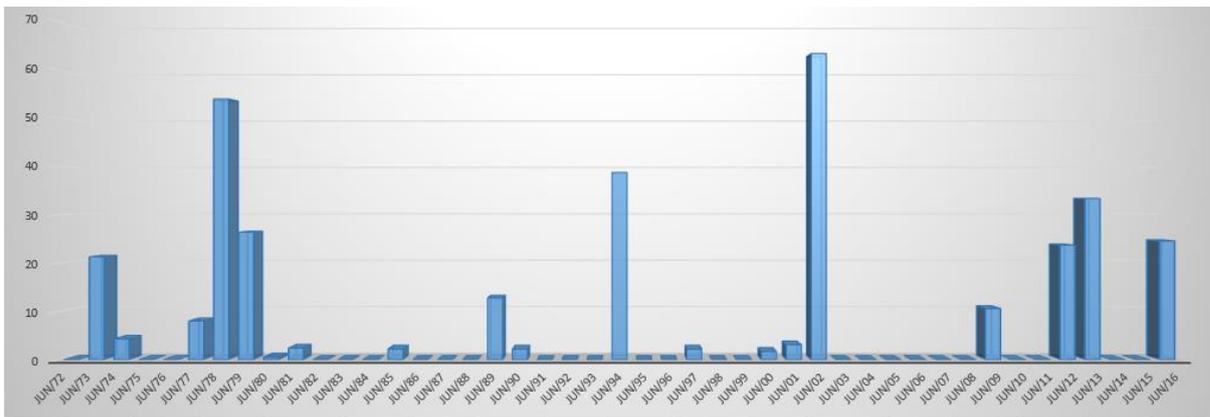
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 5 - Precipitação Maio (1972-2016)



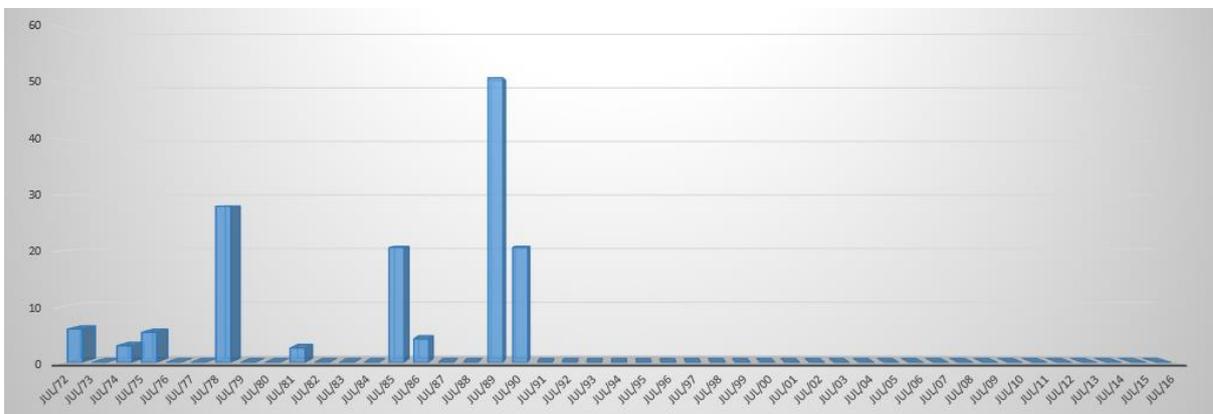
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 6 - Precipitação Junho (1972-2016)



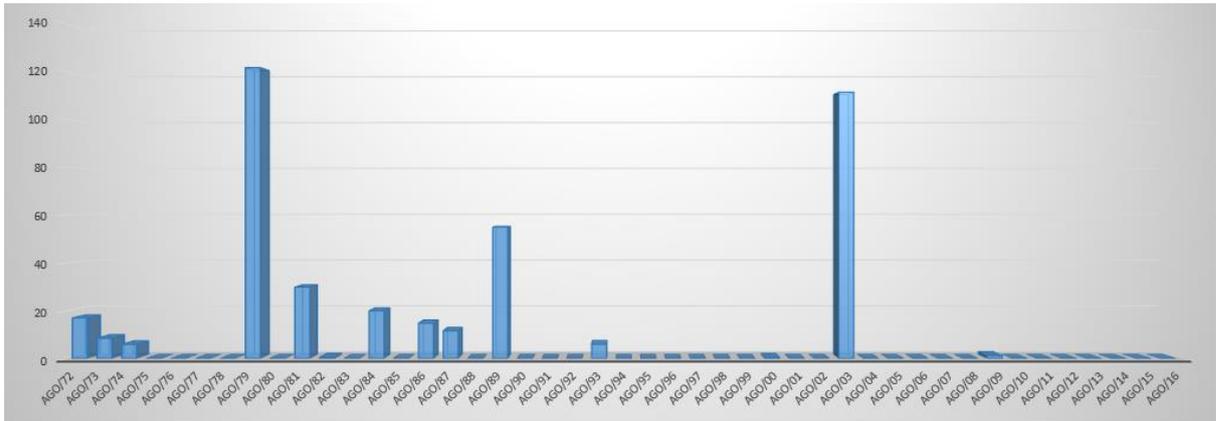
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 7 - Precipitação Julho (1972-2016)



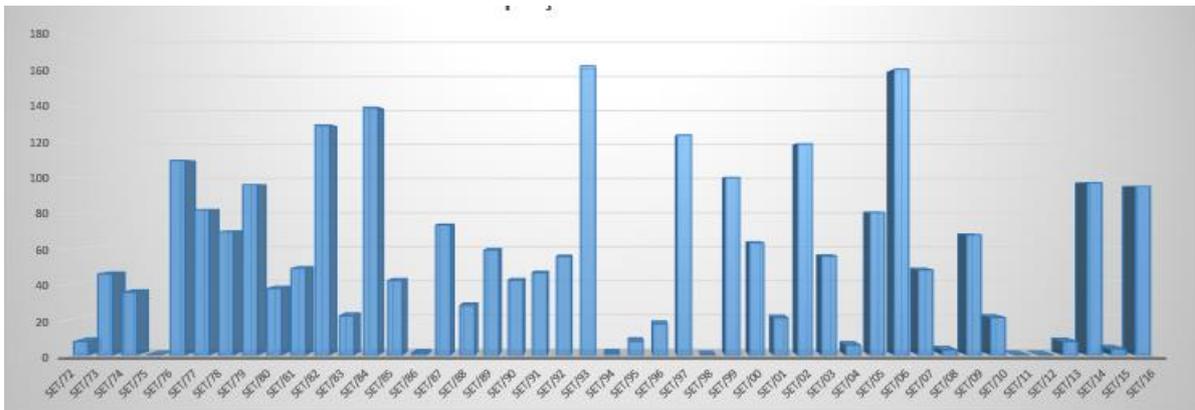
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 8 - Precipitação Agosto (1972-2016)



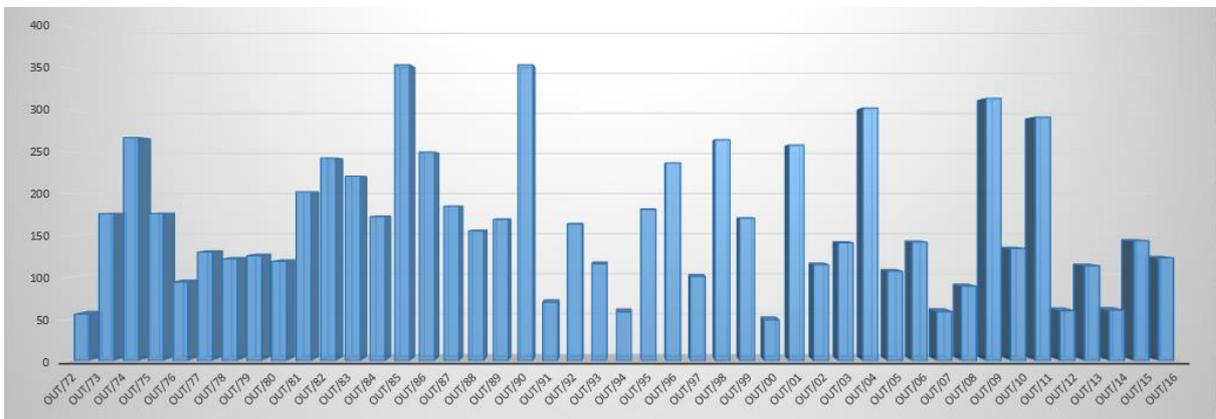
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 9 - Precipitação Setembro (1972-2016)



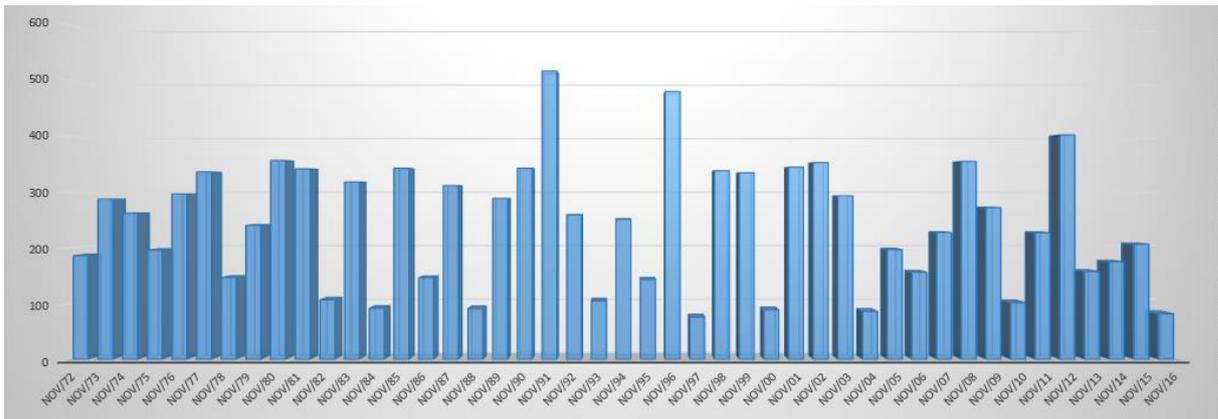
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 10 - Precipitação Outubro (1972-2016)



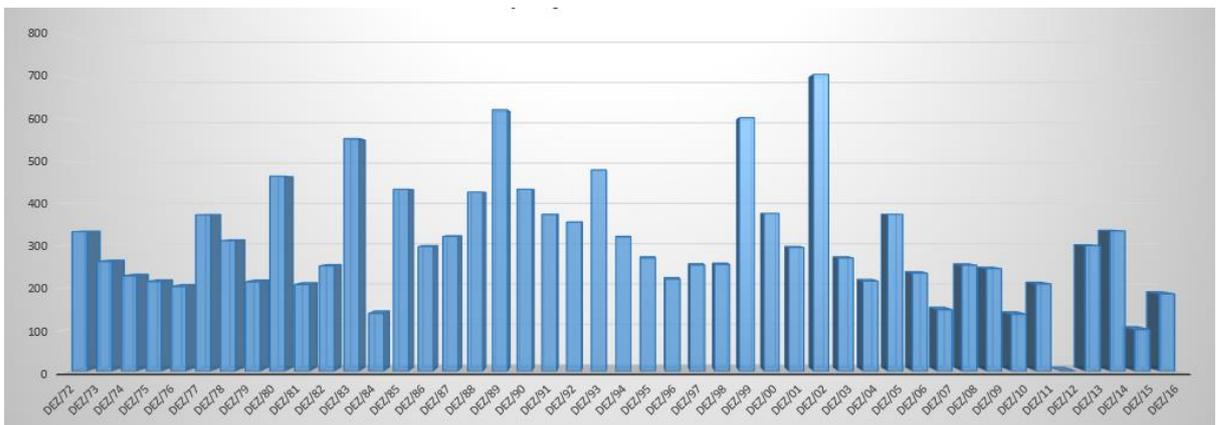
Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 11 - Precipitação Novembro (1972-2016)



Fonte: Elaborado pelo Autor

Gráfico 12 - Precipitação Dezembro (1972-2016)



Fonte: Elaborado pelo Autor

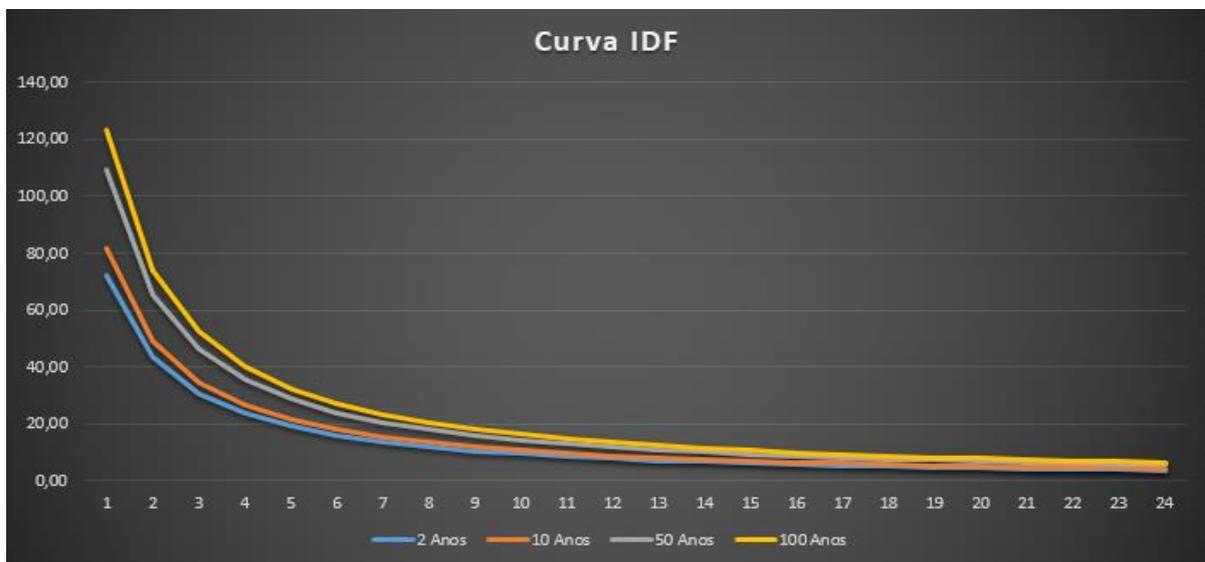
4.2 Curva de intensidade-duração e frequência para 2, 10, 50 e 100 anos

Para projetos de obras hidráulicas, tais como vertedores de barragens, sistemas de drenagem, galerias pluviais, dimensionamento de bueiros, entre outros, é necessário conhecer as três grandezas que caracterizam as precipitações máximas: intensidade, duração e frequência (i-d-f ou I-D-F). Correlacionando intensidades e durações das chuvas verificam-se que quanto mais intensa for uma precipitação, menor será sua duração.

A equação i-d-f pode ser utilizada para o cálculo da intensidade máxima de precipitação em uma determinada bacia hidrográfica. Deve-se escolher o período de retorno em função do tipo de estrutura hidráulica, (TUCCI, 1993) e a duração da chuva pode ser igualada ao tempo de concentração da bacia nos métodos simplificados como por exemplo o método racional, em bacias pequenas.

A obtenção da equação de chuvas i-d-f é de grande importância aos projetos hidráulicos e hidrológicos. Observou-se que o ajuste da equação i-d-f aos dados pluviométricos da bacia de Santa Luzia, obteve-se os parâmetros da equação de chuvas intensas para a bacia de Santa Luzia, tendo como resultado $K = 8615,162$, $a = 0,178$, $b = 41,287$, $c = 1,097$. A equação IDF determinada neste trabalho poderá contribuir para o dimensionamento de projetos hidrológicos na bacia. A metodologia aplicada neste estudo para determinação das relações de intensidade, duração e frequência das chuvas intensas, obteve resultados satisfatórios e pode ser aplicada na determinação das relações IDF para outras regiões.

Gráfico 13 - Curva de Intensidade-Duração e Frequência



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3 Hidrograma Unitário

Para o cálculo do hidrograma unitário foi disposto dos cálculos de T_c , T_p , T_b e Q_p , como apresentado no referencial teórico nas formulas. E foi estimado cada valor com as características já proporcionadas da bacia, como, área da bacia, comprimento do afluente principal, declividade e o tempo em minutos de precipitação para o hidrograma, que foram definidos 1440 minutos que são 24 horas.

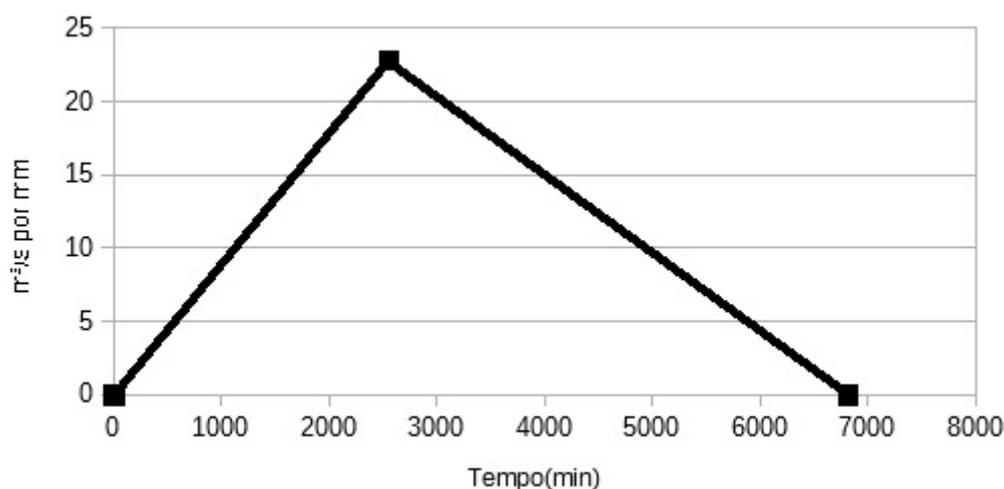
Tabela 1 – Dados da bacia hidrográfica de Santa Luzia

EXEMPLO 1		
ABREVIÇÃO	unidade	Descrição
D	1440 min	
AB	4660 km ²	Área da Bacia
L	72.552 m	Comprimento Afluente Principal
(delta h) Δh	100 m	Declividade
tc	3057 min	Tempo Concentração Por Water e Chow
tp	1834 min	Tempo de Pico
Tp	2554 min	Tempo de Ascensão
tb	6819 min	Tempo de Base
qp	22,8 m ³ /s por mm	Vazão em m ³ /s por mm

Fonte: Elaborado pelo autor

O hidrograma foi produzido por uma chuva intensa, e apresenta uma curva comum de pico único, como no gráfico 14.

Gráfico 14 – Hidrograma Unitário



Fonte: Elaborado pelo autor

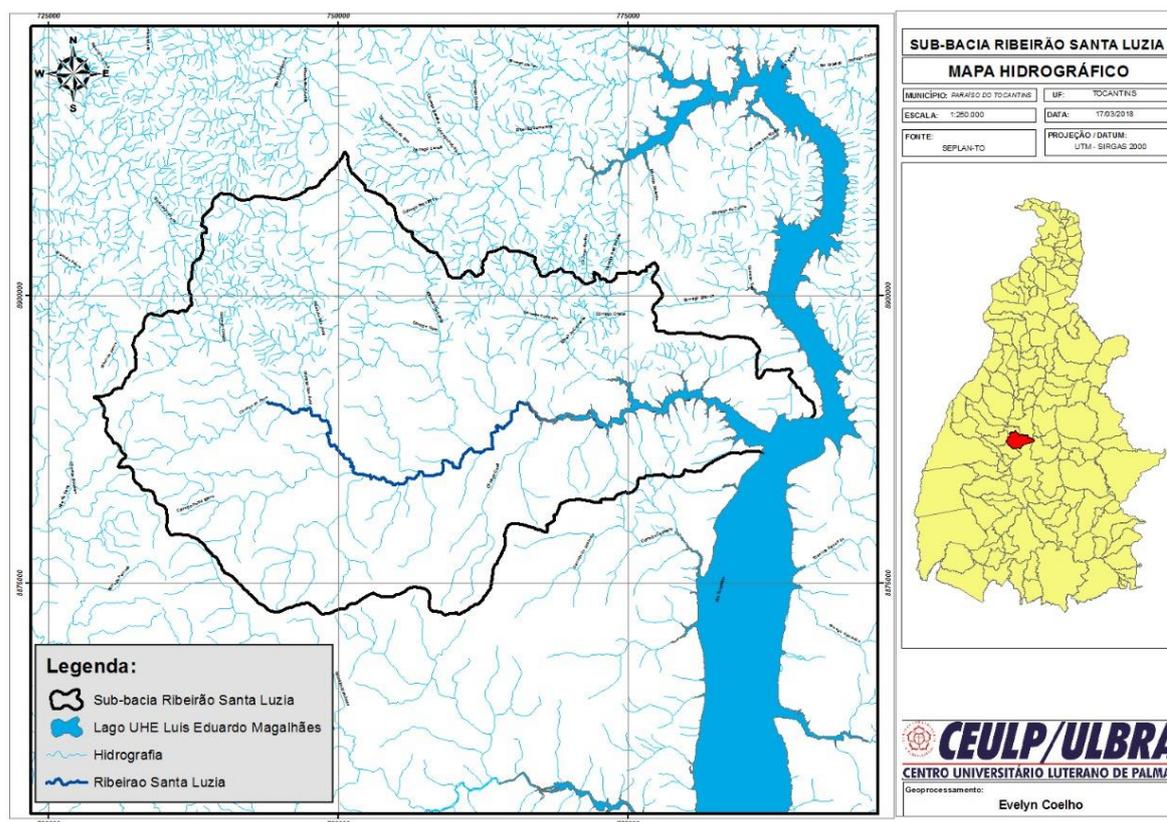
4.4 Mapas

A elaboração dos mapas partiram das necessidades de informações para o estudo hidrológico da bacia de Santa Luzia, e foram utilizados dados do SEPLAN. E os mapas obtidos são resultados relevantes deste trabalho que constituem-se preciosas ferramentas para fins de planejamento, propiciando rápida visualização, consultas e tomadas de decisões, prestando-se como base para o planejamento de uma propriedade rural, sendo assim classificados em:

4.4.1 Mapa Hidrográfico

A partir do mapa hidrográfico compreendendo toda a bacia dá para se obter representações e informações de localização da bacia, comprimento do rio principal e seus afluentes que é de suma importância para os cálculos de vários estudos no trabalho.

Figura 6 - Mapa hidrográfico da bacia de Santa Luzia



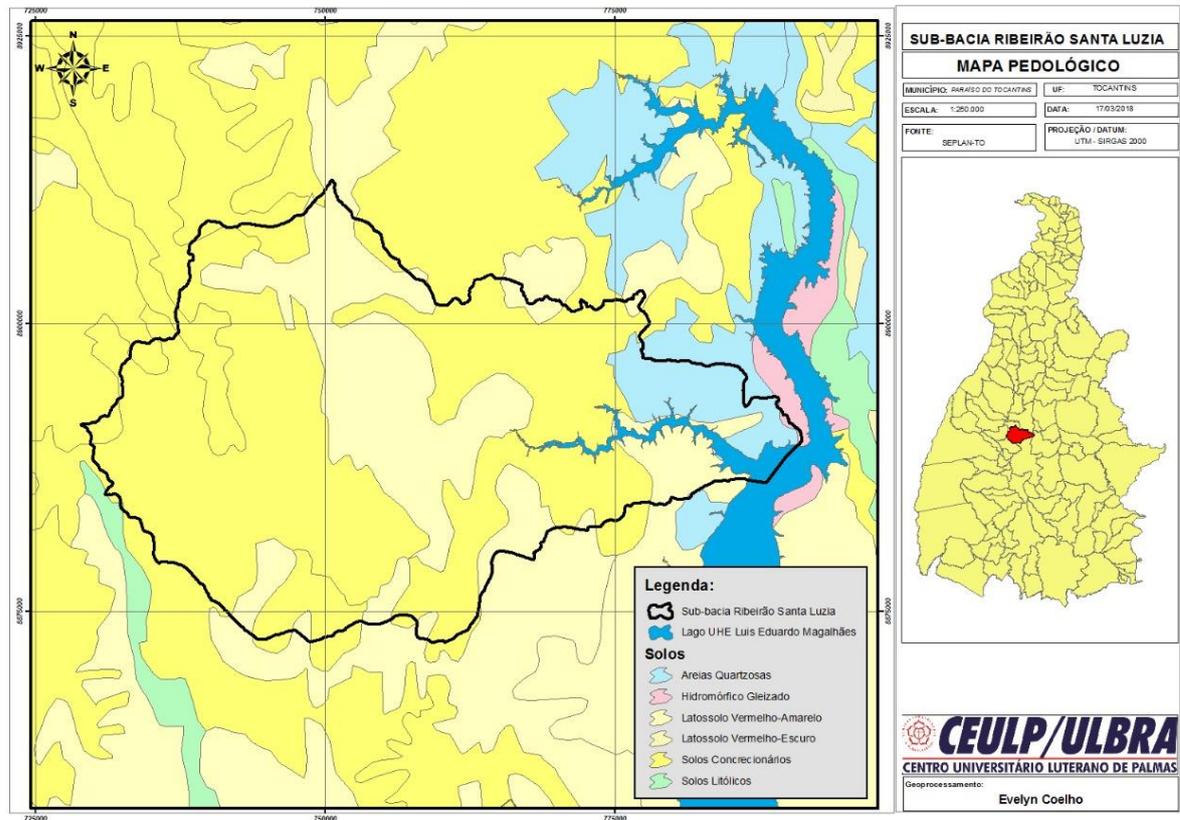
Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.2 Mapa Pedológico

Com o mapa pedológico elaborado, conveio como uma base de dados importante para o estudo. Pois ele forneceu fontes básicas pela sua análise, notou-se que maior parte do espaço da bacia hidrográfica de Santa Luzia são de solos concrecionarios, latossolo vermelho-amarelo e latossolo vermelho-escuro, e uma pequena região com areias quartzosas.

A verificação prévia do solo possibilita conhecer suas características e classificar sua fragilidade e potencialidade como componente do presente estudo, consequentemente sua compreensão é considera do essencial para o planejamento de obras de engenharia civil. O planejamento pedológico identifica e espacializa a distribuição das classes de solos, identificadas em campo ou compiladas de outros levantamentos e mapeamentos pré-existentes.

Figura 7 - Mapa pedológico da bacia de Santa Luzia



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.3 Mapa de Precipitação

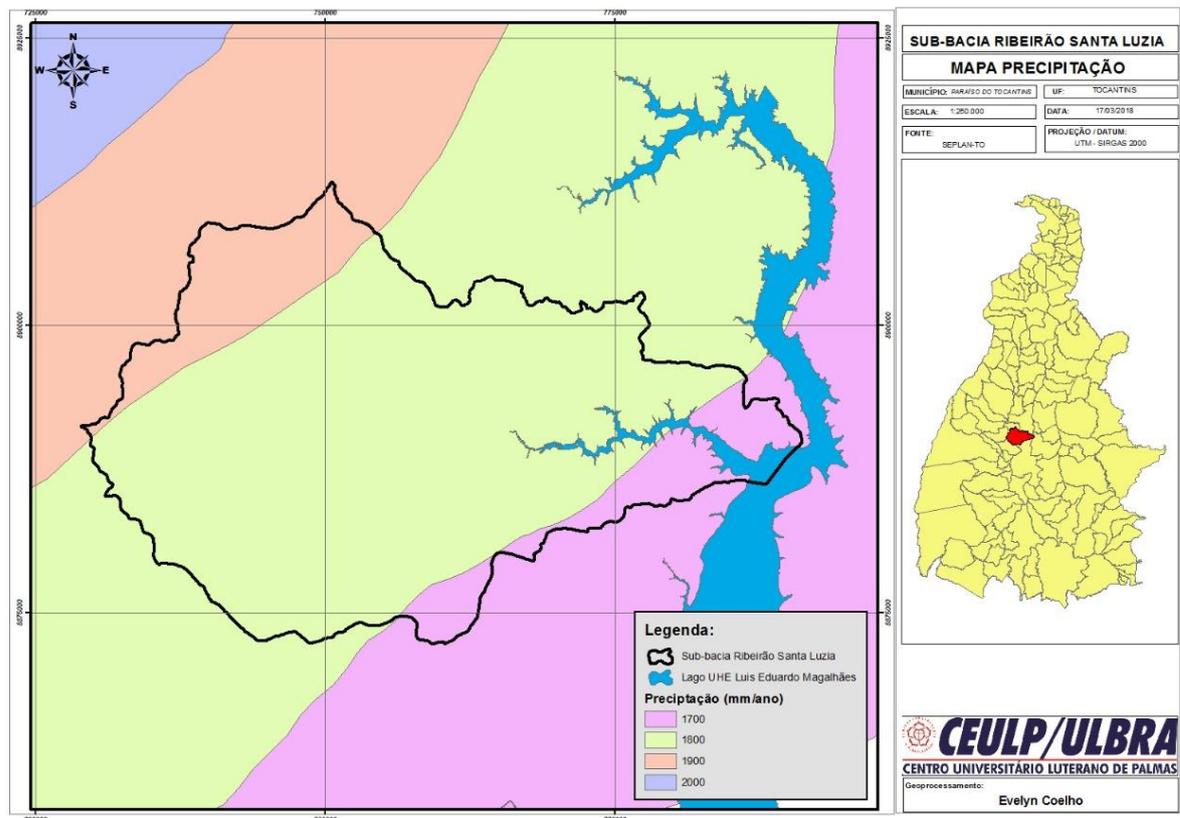
Com o mapa de precipitação, pode-se analisar quais regiões na bacia tem maior ocorrência de precipitações em mm/ano. E notou-se que as precipitações na região da Bacia de Santa Luzia, são homoganeamente distribuídas.

Objetivando a melhor utilização dos recursos naturais, mapear a precipitação e desenvolver uma avaliação inicial sobre a sua interação com o projeto inicial de uma barragem. Os mapas de precipitação permitiram a descrição da distribuição espacial e temporal das chuvas no local do referido estudo. A região da bacia de Santa Luzia, apresentaram os maiores índices pluviométricos anuais, chegando a 1.700, 1.800 mm e 1.900 mm, respectivamente.

Uma vez que a vazão hídrica de uma determinada região hidrográfica varia ao longo do ano, principalmente por causa das mudanças climáticas, adotando a disponibilidade hídrica deste local como sendo a vazão hídrica mínima que ocorre durante grande parte do ano hidrológico (SILVEIRA, 1993).

Gerenciar recursos hídricos significa garantir que o usuário de uma determinada fonte hídrica legalmente autorizado (que possui outorga emitida pela Secretaria de Recursos Hídricos de Estado da União) tenha água disponível com certo grau tolerável de segurança ou confiabilidade. Portanto o gestor dos recursos hídricos não pode emitir mais outorga do que a disponibilidade hídrica existente em um determinado local sob o risco de faltar água para o usuário em período de estiagem (BRASIL, 1992).

Figura 8 - Mapa de precipitação da bacia de Santa Luzia



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.4 Mapa de Declividade

O Mapa de declividade indica a forma do relevo enfatizando as inclinações das vertentes. É indispensável nos levantamentos de uso da Terra. Permite indicar a correta e melhor utilização do terreno, sendo fundamental para o planejamento das técnicas conservacionistas no manejo de bacias hidrográficas. Ferramenta importante para estudos ambientais como a definição de áreas de preservação permanente (APP's), áreas de exploração e outras atividades de impactantes.

A bacia hidrográfica possui 83% de sua área com declividade plana (54%) ou suavemente ondulada (29%). Isso evidencia o intenso grau de entalhamento do vale, resultado

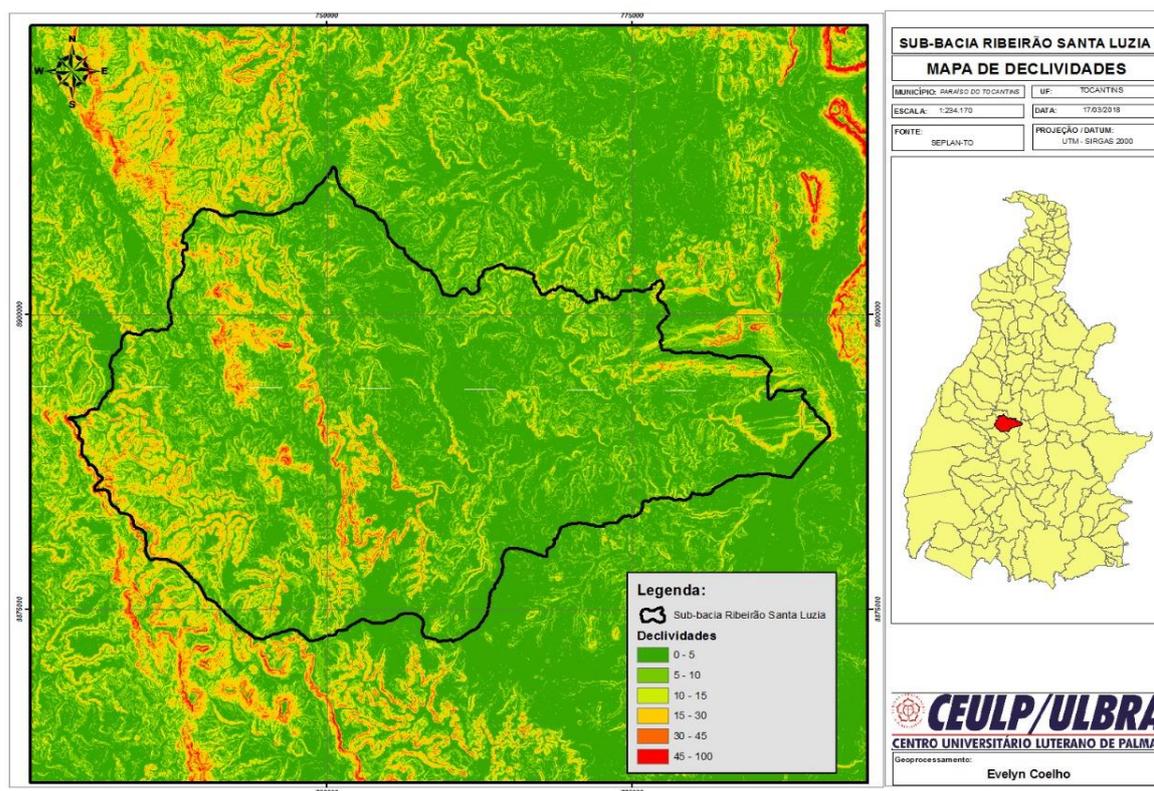
das ações erosivas que desgastaram o relevo até chegar a esta taxa de declividade tão baixa. A baixa amplitude da declividade também está relacionada à localização regional da bacia.

Utilizando-se da imagem do SRTM, foi possível determinar o modelo digital do terreno (MDT), foram geradas cartas de declividades, usando os módulos *surface/slope* do software ArcGIS 10.3, sendo que as declividades foram agrupadas em classes com o módulo *reclass*.

Atualmente, com a utilização do software ArcGIS 10.3, tem oportunizado a geração de mapas de declividade mais refinados devido as suas ferramentas. Em um ambiente computacional, as informações altimétricas, integrados no software, são processados, resultando num modelo digital de terreno (MDE). O MDT é comumente utilizado para denotar a representação quantitativa de determinada grandeza que varia continuamente no espaço.

O mapa de declividade é de suma importância para os estudos hidrogeológicos, uma vez que a inclinação do terreno será utilizada para calcular a taxa de infiltração. Quanto maior a declividade, menor a infiltração de água e vice-versa.

Figura 9 - Mapa de declividades da bacia de Santa Luzia



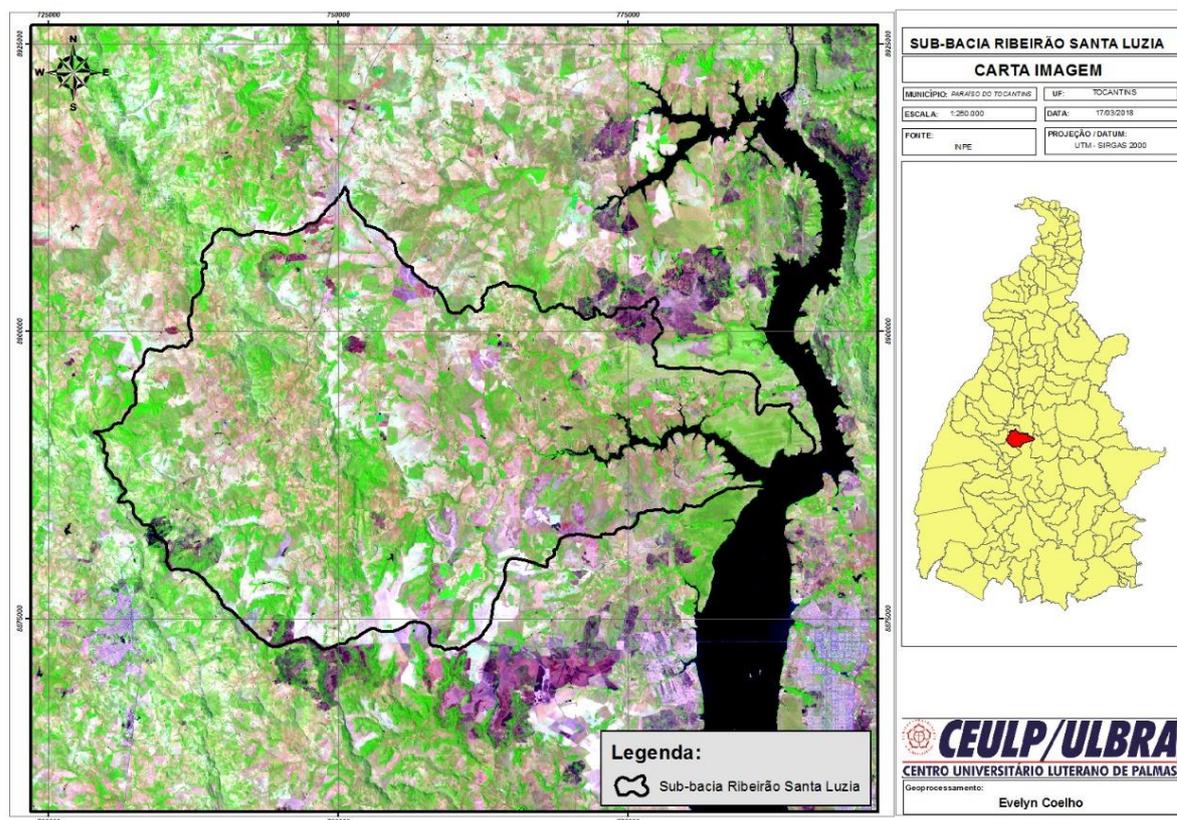
Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.5 Carta Imagem

De acordo com a Figura 10 os resultados apresentaram o predomínio do solo exposto na área da bacia hidrográfica de Santa Luzia, destacando que esse uso se intensifica com o crescimento da população nas proximidades da referida bacia.

Um dos grandes propósitos das imagens de Sensoriamento Remoto é a classificação dos diferentes tipos de cobertura do solo, indo da agricultura ao zoneamento urbano, dentre outras. Os diagnósticos realizados visualmente pela fotointerpretação no início do sensoriamento remoto, no reconhecimento e separação das diferentes feições naturais ou antropizadas, vêm sendo substituídas, quando não acrescidas pelos poderosos processos informatizados que a tecnologia digital tem propiciado, conhecidos como algoritmos de classificação, ou simplesmente classificadores.

Figura 10 - Carta imagem da bacia de Santa Luzia



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.6 Mapa de Uso do Solo

O mapa de uso do solo visando mostrar a distribuição espacial e quantificação das áreas de temas de uso da terra tais como áreas vegetação, de água e solo exposto. É um mapa

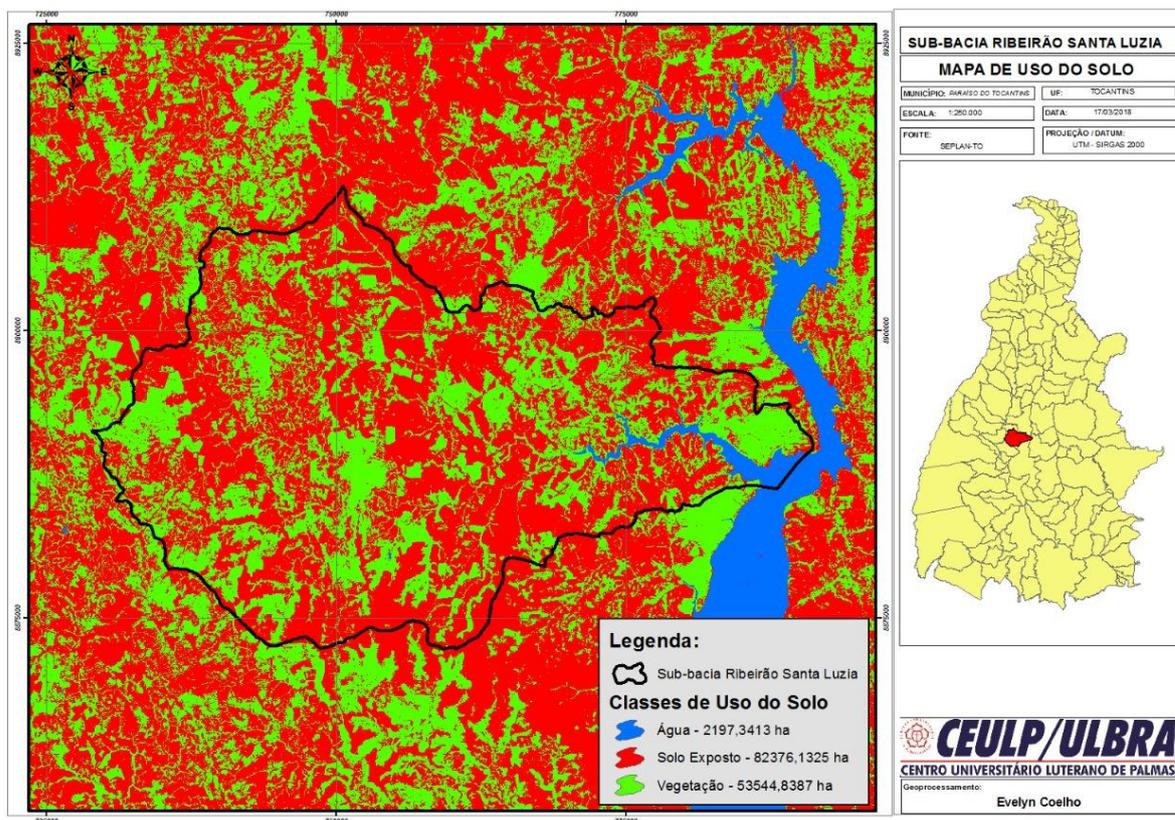
indispensável ao planejamento físico, pois é um dos melhores indicativos das propriedades do solo e, possibilitam um manejo eficiente dos recursos naturais renováveis. E mostra claramente no mapa que a grande maioria da extensão do local é de solo exposto e possui pouca vegetação, que se concentra em torno dos rios.

A perda da cobertura florestal aumenta a quantidade e a velocidade do escoamento superficial com o conseqüente aumento da capacidade de arraste e transporte de material. A desagregação de colóides pela ação das chuvas e a diminuição da rugosidade da paisagem fazem com que a ação do escoamento superficial nas encostas e nos leitos dos cursos de água desequilibre os processos erosivos naturais das bacias hidrográficas (SCHROEDER, 1996 apud DILL, 1996).

Uma variável existente nos métodos de classificação foi a presença ou não de amostras de treinamento, que são informações sobre regiões da imagem que possibilitou o associar com segurança a presença de uma determinada classe, definindo o que se chama de classificação supervisionada.

Diante da Figura 12 pode-se observar a extensão da vegetação e do solo exposto dentro da bacia Ribeirão dos Mangues, equivalente a 5.651,56 ha e 14.483,87 ha, respectivamente.

Figura 11 - Mapa de uso do solo da bacia de Santa Luzia



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.7 Mapa de curvas de níveis

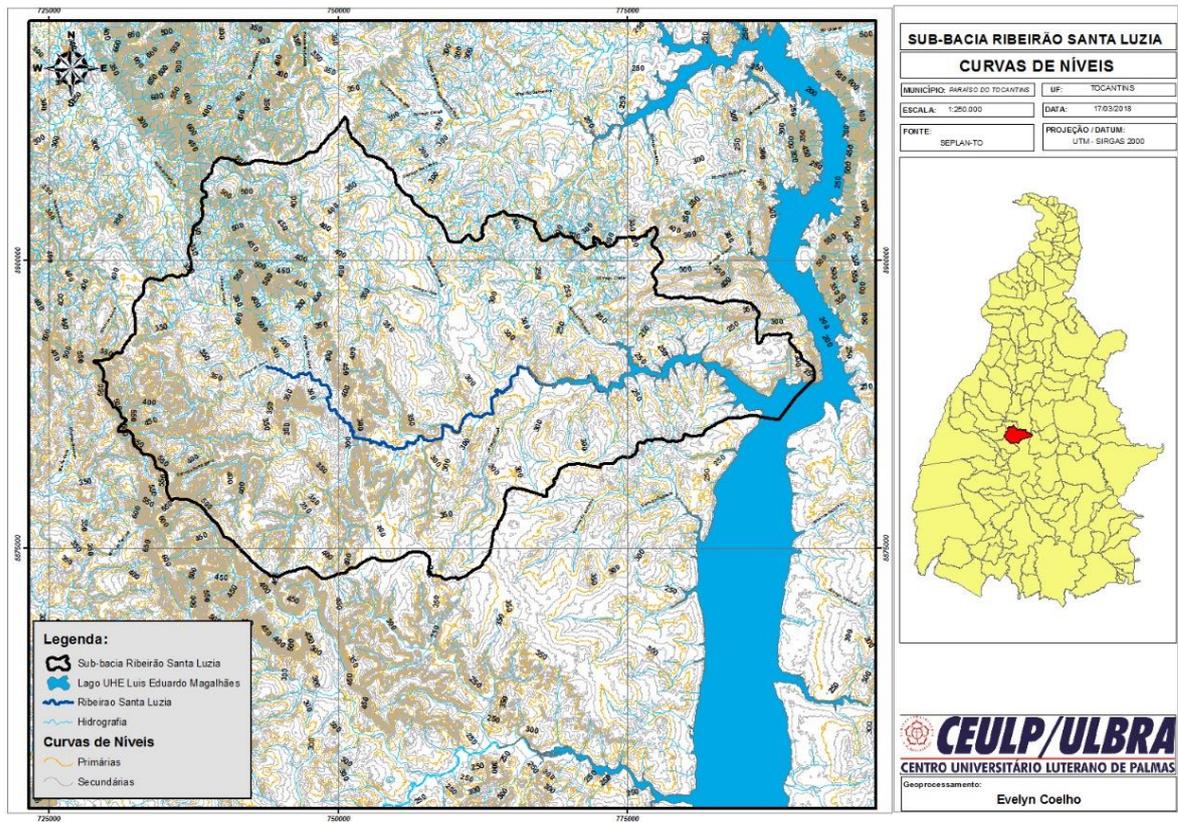
As curvas de nível são meios cartográficos aplicados para reproduzir, as diferenças de altitudes de um referido terreno. Contudo, mesmo em uma visão vertical plana, é possível obter dados sobre a diferença de nível horizontal de uma área e seu relevo. A representação se dá por linhas imaginárias, denominadas linhas altimétricas por representarem a variação topográfica.

Neste estudo inicial de estudo de barragem o uso das curvas de níveis oriundas da imagem SRTM determinamos o volume da bacia de acumulação, capaz de armazenar a água que foi determinado após o processamento das curvas de níveis e da área a ser inundada pelo reservatório. No processamento foi utilizado equidistâncias entre as curvas de nível de 1 m, porém, em grandes bacias esta diferença pode ser de 5 m ou mais.

A partir da área de cada equidistância da curva de nível, determina-se o volume parcial de uma curva a outra, considerando a formação de troncos de cone invertidos. Somam-se, de h em h metros, os volumes parciais até o volume total desejado, correspondendo a última curva de nível atingida à altura da barragem. O volume de água a ser armazenada vai depender das necessidades a serem satisfeitas.

Através das curvas de níveis verifica-se se o local onde pretende-se construir a barragem é o mais adequado, tanto no aspecto construtivo, quanto no legal. Quanto ao aspecto construtivo deve-se ponderar sobre as vantagens e desvantagens de cada situação de forma que o local selecionado atenda, da melhor maneira possível, a barragem e a represa estando inserido nos estudos iniciais necessários as características topográficas do local, estudos geológicos e geotécnicos.

Figura 12 - Mapa de curvas de níveis da bacia de Santa Luzia



Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO

Sendo a água um elemento necessário para a sobrevivência de seres humanos, animais e plantas, tem-se que, todas as formas de preservação e conservação da mesma, são válidas. Deve-se pensar não apenas nela, mas sim em tudo o que pode interferir na sua qualidade.

A bacia hidrográfica, que abrange nascentes, cursos d'água, vegetação, é um local de grande importância. Caso ela não seja conservada, a poluição, o desmatamento, a urbanização descontrolada, poderão promover problemas ambientais, ocasionando a diminuição da fauna e da flora do local e também da qualidade da água.

Nesse estudo buscou-se fazer uma análise de como se encontra a situação da bacia hidrográfica de Santa Luzia, situada entre os municípios de Barrolândia, Miracema do Tocantins, Paraíso do Tocantins, e Porto Nacional. A qual a sua localização é estratégica, pois o Córrego é um dos afluentes do Lago de Lajeado, cuja qualidade e quantidade da água têm importância fundamental para o estado do Tocantins e não possui estudos específicos sobre a bacia.

Neste trabalho contemplou-se o estudo hidrológico da bacia de Santa Luzia, com um dos objetivos, sendo de elaborar a curva de Intensidade Duração e Frequência, com os dados pluviométricos da bacia de Santa Luzia e os resultados através do gráfico podem ser considerados satisfatórios, as observações das chuvas intensas durante um período de tempo suficientemente longo (100 anos) e representativo dos eventos extremos do local.

A partir dos histogramas mensais dos anos de 1972 a 2016, pode-se notar que o regime hidrológico da bacia é bem definido, apresentando um período de estiagem que culmina em setembro/outubro e um período de cheias culminando em fevereiro/abril.

As ferramentas computacionais utilizadas no desenvolvimento deste trabalho mostraram-se eficazes na manipulação dos dados e na simulação do espaço físico da bacia hidrográfica de Santa Luzia, com o uso da metodologia de geoprocessamento proposta, gerando dados confiáveis das características do terreno.

Com a dinâmica por meio de dados geoespaciais e imagens de sensoriamento remoto, possibilitou-se a integração dos dados para a elaboração dos mapas temáticos, como o de uso do solo, declividade, precipitação, curvas de níveis e a carta imagem da bacia de Santa Luzia. A escolha das imagens de satélite, assim como o software utilizado, permitiu atingir os objetivos propostos, ou seja, a elaboração de todos os mapas necessários para o estudo.

REFERÊNCIAS

- ATLAS do Tocantins Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente- SEPLAM, 2000.
- Mendonça-Santos, M., & Santos, H. (2003). *Mapeamento Digital de Classes e Atributos de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa.
- Alvarez, Garcez, L. N., & Acosta, G. (1988). *Hidrologia* (Vol. 2). São Paulo, São Paulo, Brasil: Edgard Blucher Ltda.
- ANA. (8 de janeiro de 2002). *Agencia Nacional de Aguas*. Fonte: ANA: <http://www.ana.gov.br/>
- Brady, N., & Weil, R. (2010). *Elements of the nature and properties of soils*. Rio de Janeiro: Pearson.
- CAMPOS, S. (8 de maio de 2004). SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO APLICADOS AO USO DATERRA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, BOTUCATU - SP. *GEOPROCESSAMENTO APLICADOS AO USO DATERRA*, pp. 431-435.
- CARVALHO, Daniel Fonseca; SILVA, Leonardo Duarte Batista. **Apostila de Hidrologia**. Ano 2006, Rio de Janeiro, p.100.
- Christofolletti, A. (1980). *Geomorfologia*. São Paulo: Blucher.
- Espindola, C. R. (2008). *Retrospectiva Crítica Sobre a Pedologia*. Campinas: Unicamp.
- Fonseca, A. (27 de jan de 2009). INDICADORES BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA. *INDICADORES BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA*, pp. 105-112.
- GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1988. p. 211-249.
- LAMMERS, & JOHNSON. (10 de Fevereiro de 1991). Soil mapping concepts for environmental assessment. *Spatial variabilities of soils and landforms.*, pp. 149-160.
- Lanna. (1995). Gerenciamento de bacia hidrografica. *interespaço*, 64-72.
- Lepsch, I. F. (2002). *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Lima, Rosa, & Feltran Filho. (8 de janeiro de 1989). Mapeamento do uso do solo no Município de Uberlândia-Mg. *Sociedade & Natureza*, pp. 127-145.
- Lima, W. d. (3 de dezembro de 2008). Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. *Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas*, p. 253.
- McCUEN, WONG, & RAWLS. (1984). Estimating urban time of concentration. *Hydraul. Eng*, 887-1984.
- Meyer, A. F. (1948). *The elements of hydrology*. Nova Iorque.
- Miller. (04 de 02 de 1993). A scope broader than its identity. *A scope broader than its identity*, p. 299 e 564.

- NAGHETTINI, Mauro; PINTO, Éber José de Andrade. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 561 p.
- PALMIERI, & LARACH. (2009). Pedologia e Geomorfologia. *EMBRAPA-CNPS*, 59-122.
- PEDRAZZI. (26 de agosto de 2003). Hidrologia Aplicada. Palmas, Tocantins, Brasil.
- PINTO, N. e. (2007). *Hidrologia Estatística*. São Paulo: CPRM.
- PINTO, N. L. (1976). *Hidrologia Básica*. São Paulo: Blucher.
- ROCHA. (1991). *Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*. Santa Maria: UFSM.
- SANTOS, I. d. (2001). Hidrometria Aplicada. *nstituto de Tecnologia para o Desenvolvimento*, 20.
- SILVA, & CARVALHO (2006). *Hidrologia*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- SILVEIRA, A. L. (2000). Equação para os Coeficientes de Desagregação de Chuva. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 141-148.
- TASSI, & COLLISCHONN. (2008). Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais. *ABRH*, 126.
- TUCCI, C. E. (1993). *Hidrologia* (Vol. 1). Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil: Editora da Universidade.
- TUCCI, C. E. (1998). *Modelos hidrológicos*. Porto Alegre: ABRH.
- TUCCI, C. E. (2007). *Inundações urbanas*. Porto Alegre: ABRH.
- VALERIANO, M.M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos, INPE, 2004, 72p.
- VALERIANO, M.M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T.G. (Org.). **Geomorfologia, conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p.72-104.
- VISSMAN, HARBAUGH, & KNAPP. (1972). *Introduction to hydrology*. New York: Intext Educational.
- VILLELA, S. M., & Mattos, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. São Paulo: mcgraw.
- ZIMBACK, C. (2003). *Formação dos solos*. Botucatu: Universidade Estadual Paulista.