



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS  
DIDÁTICAS PARA ENGENHARIAS**

**RELATÓRIO FINAL**

**Pau dos Ferros – RN**

**Junho de 2017**

## SUMÁRIO

<b>ALGORITMO NA ÁREA DE HIDROLOGIA: Cálculo os parâmetros das equações de intensidades máximas de chuvas para o estado do Rio Grande do Norte</b> .....	1
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
2.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.....	2
2.2 CHUVAS INTENSAS NO BRASIL .....	3
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	4
3.1 REGIÃO DE ESTUDO E OBTENÇÃO DOS DADOS .....	4
3.2 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA CURVA DE INTENSIDADE - DURAÇÃO – FREQUÊNCIA (IDF) .....	6
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	8
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	14
<b>ALGORITMO NA ÁREA DE TOPOGRAFIA: cálculo de levantamento planimétrico por caminhamento.</b> .....	15
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1 AZIMUTE .....	19
2.2 ERRO DE FECHAMENTO ANGULAR .....	20
2.3 COORDENADAS RELATIVAS NÃO CORRIGIDAS.....	20
2.4 COORDENADAS RELATIVAS CORRIGIDAS .....	21
2.5 COORDENADAS ABSOLUTAS .....	22
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	22
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
4.1 LEVANTAMENTO MODELO .....	26
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	30
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	31

## **ALGORITMO NA ÁREA DE HIDROLOGIA: Cálculo os parâmetros das equações de intensidades máximas de chuvas para o estado do Rio Grande do Norte**

### **1. INTRODUÇÃO**

As chuvas são responsáveis por alguns acontecimentos como o escoamento superficial, erosão do solo, assoreamento dos corpos da água e estes fenômenos irão depender das intensidades de como as chuvas ocorrem, além de afetar a capacidade produtiva do solo. Segundo Rodrigues et al. (2008), estudos como a sua quantificação, a forma como se distribui, em relação ao tempo e ao espaço, estão sendo realizados para serem aplicados em projetos hidráulicos e agrícolas como: dimensionamento de canais, proteção contra erosão hídrica e vertedouros.

De acordo com Campos et al. (2014), esses estudos estão baseados em parâmetros de equações denominadas de curvas intensidade-duração-frequência (IDF). Estas curvas relacionam a duração, a intensidade e frequência das chuvas. Sendo assim, para que haja uma precisão na estimativa da intensidade pluviométrica é necessária a escolha de um ponto próximo ao local onde os dados do pluviográfico são coletados.

Conforme o mesmo autor, as primeiras obtenções, no Brasil, das intensidades pluviométricas através do método IDF foi realizado por Pfafstetter (1957) e Denardin e Freitas (1982) onde, um dos pontos escolhidos foi no Rio Grande do Norte na cidade Natal.

Diante disso, o referido estado apresenta irregularidades no regime pluviométrico devido a variação da frequência e intensidades dos eventos chuvosos. Sendo assim, um melhor entendimento sobre o comportamento deste fenômeno traz benefícios em obras agrícolas e hidráulicas.

Levando em consideração o que foi dito, esse trabalho objetiva determinar as equações de chuvas intensas utilizadas na elaboração de obras hidráulicas (IDF), bem como os índices de erosividade de chuvas mediante as intensidades máximas de chuva nas durações de 15 e 30 minutos para o estado do Rio Grande do Norte por meio de dados pluviométricos, verificando a sua precisão para auxiliar na elaboração de projetos de engenharia hidráulica e no manejo e conservação do solo.

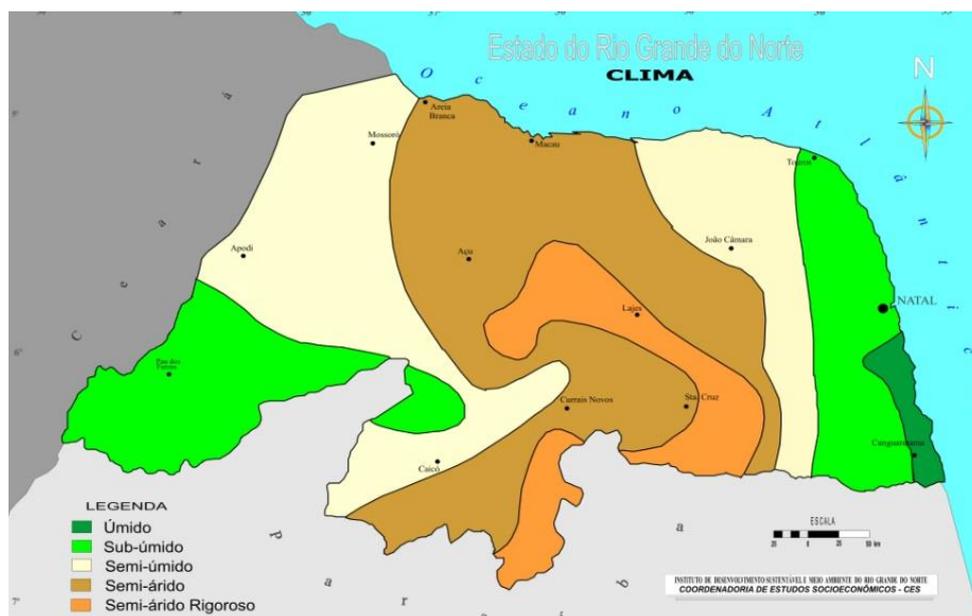
## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Segundos o banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2016, o estado do Rio Grande do Norte apresenta uma população de 3 474 998 habitantes e contem uma área de 52 811 110 km<sup>2</sup> apresentando 167 municípios.

O Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA), 2015 disponibiliza o mapa climático do estado do Rio Grande do Norte, Figura 1. Sendo assim, pode-se dizer que existe 5 (cinco) tipos de clima no estado citado:

- **Úmido:** Este clima se estende do município de Baía Formosa a Nísia Floresta. Além disso, se assemelha ao tropical chuvoso, possuindo verão seco e com tempos chuvosos até julho a agosto.
- **Sub-úmido:** Este se compreende do litoral de Parnamirim e Natal até o litoral de Touros. Envolve as regiões de Luiz Gomes, Martins, Portalegre e as partes mais elevadas da Serra João do Vale.
- **Semi-úmido:** Abrange as áreas da Chapada do Apodi e das Serras de Santana, São Bernardo e Serra Negra do Norte.
- **Semi-árido:** Compreende o Vale do Açu, parte do Seridó e do Sertão Central e litoral que vai desde São Miguel do Gostoso ao município de Areia Branca. Sendo assim, é o clima de maior abrangência do estado.
- **Semi-árido Rigoroso:** É o clima mais seco do estado, abrange territórios de Equador, Parelhas e Carnaúba dos Dantas no Seridó e São Tomé, Lajes, Pedro Alvelino, Fernando Pedrosa, Angicos e Afonso Bezerra.



**Figura 1:** Mapa climático do Rio Grande do Norte.

Fonte: IDEMA, 2015.

## 2.2 CHUVAS INTENSAS NO BRASIL

As chuvas intensas de diferentes períodos de retorno para Natal/RN, foram analisadas a partir de uma equação empírica criada por Pfafstetter (1957). Já os parâmetros que são fundamentais para determinar a intensidade média da precipitação ( $I_m$ ) para a cidade de Natal, foram desenvolvidas por Denardin e Freitas (1982), onde os valores achados para os parâmetros foram  $k = 586,6$ ,  $m = 0,26$ ,  $b=15$ , e  $n = 0,68$ . Esses coeficientes podem ser obtidos pelo software PLÚVIO 2.1, desenvolvido por (Pruski et al.,1997). No entanto com base no Plano diretor do município de Natal (2009) os coeficientes foram atualizados, apresentando os seguintes resultados:  $k = 502,47$ ,  $m = 0,1431$ ,  $b=10,8$ , e  $n = 0,606$ .

Com base nos estudos de Garcia (2009), no qual foi responsável por determinar a equação de intensidade de duração e frequência para a Bacia experimental de Serra Negra do Norte (BESNN), onde para a realização desse trabalho ele utilizou registros de dados de uma estação pluviográfica instalada na Bacia durante 9 anos nos períodos de (2002-2009), obtendo para a intensidade média de chuvas os seguintes resultados:  $k = 526,416$ ,  $m = 0,2015$ ,  $b=8$ , e  $n = 0,6787$ .

De acordo com os estudos de Oliveira et al. (2000) que utilizou o método de desagregação da chuva de 24 horas, com base nesse método foi possível obter a comparação entre os resultados das intensidades de precipitações máximas, adquiridas pelas equações que foram ajustadas de acordo com os dados pluviogramas. Portanto esse estudo foi importante, pois por meio dele foi possível fazer a utilização em localidades em que não havia disponibilidade de registros pluviográficos.

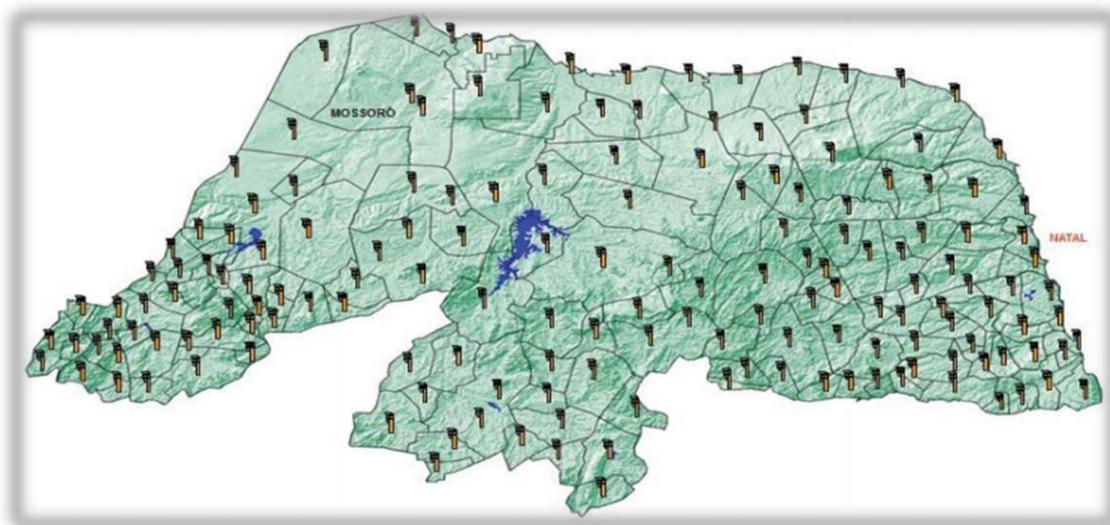
Diversos estudos utilizaram os métodos da desagregação de chuvas, bem como as equações de chuvas e o método de regressões lineares para determinarem as relações entre intensidade, duração e frequência da precipitação pluviométricas. Segundo Garcia et al. (2011), através dos dados pluviométricos e pluviográficos utilizando as metodologias de análise de precipitação foi possível determinar a equação intensidade - duração - frequência para três estações meteorológicas pertencente a rede hidrometeorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A partir desse estudo foi possível verificar que pelo método da desagregação quando comparado ao de Bell ele obteve um melhor desempenho.

Sobrinho et al (2014), realizaram estudos para validar a desagregação de chuvas das isozonas e sua utilização no desenvolvimento de equações IDF (Intensidade-Duração –Frequência) para três municípios do Ceará, onde estes são desprovidos de pluviógrafos. Os resultados indicaram que é bastante viável a utilização do método das isozonas quando comparados com as equações de IDF, sendo, portanto, uma alternativa em regiões que não são monitoradas.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 REGIÃO DE ESTUDO E OBTENÇÃO DOS DADOS**

Para a determinação das intensidades médias máximas de chuvas e dos índices de erosividade no Estado do Rio Grande do Norte foram utilizados dados pluviométricos diários de 167 municípios no período de 1964 a 2016 (53 anos) disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), que a partir de 1991, com o monitoramento pluviométrico assumido pelo setor de Meteorologia, houve um incremento da rede do estado, que conta atualmente com aproximadamente 220 pluviômetros, conforme a Figura 2 (EMPARN, 2012).



**Figura 2:** Distribuição dos postos pluviométricos no estado do Rio Grande do Norte.

Fonte: EMPARN, 2012.

Os dados foram organizados de maneira a obter por meio dessa série histórica as chuvas máximas anuais diárias para em seguida serem desagregadas em chuvas de diferentes durações (1h, 2h, 3h, 6h, 8h, 10h, 12h, 24h, 5min, 10min, 15min, 20min, 25 e 30min) de acordo com a metodologia proposta pela (CETESB, 1986) para diferentes períodos de retorno (2, 5, 10, 50, 100 e 500 anos), que segundo Porto *et al.* (2000) variam em virtude do tipo de ocupação da área. Na Tabela 1, é possível verificar os coeficientes de desagregação de chuvas.

Tabela 1: Coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva

Relação entre alturas pluviométricas	Coeficiente de desagregação
5 min para 30min	0,34
10min para 30min	0,54
15min para 30min	0,70
20min para 30min	0,81
25min para 30min	0,91
30min para 1h	0,74
1h para 24h	0,42
2h para 24h	0,48
3h para 24h	0,54
6h para 24h	0,72
8h para 24h	0,78
10h para 24h	0,82

12h para 24h	0,85
24h para 1 dia	1,14

Fonte: CETESB (1986).

### 3.2 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA CURVA DE INTENSIDADE - DURAÇÃO – FREQUÊNCIA (IDF)

A intensidade de uma precipitação qualquer representa a relação entre a altura precipitada e sua duração. Para a estimativa da vazão máxima a intensidade máxima da precipitação é a variável de interesse, levando-se em consideração o tempo de concentração da bacia associado a um determinado período de retorno (ARAGÃO *et al.*, 2013).

A Equação 1 representa a intensidade, duração e a frequência da precipitação (IDF) ou equação de chuvas intensas (BERNARD, 1930).

$$I_m = \frac{KT^m}{(t + b)^n} \quad (1)$$

Em que:  $I_m$  = intensidade máxima média de precipitação,  $\text{mm h}^{-1}$ ;  $T$  = período de retorno, anos;  $t$  = duração da precipitação, min;  $K$ ,  $m$ ,  $b$ , e  $n$  são parâmetros de ajuste relativos a cada localidade estudada.

Considerando a dificuldade em obter os parâmetros desta equação, Pruski *et al.* (1997) desenvolveram um procedimento para a regionalização dos parâmetros  $K$ ,  $m$ ,  $b$  e  $n$  para amplas áreas de abrangência.

Para determinação dos parâmetros da Equação IDF a Equação 1, será reescrita conforme a Equação 2, em que o parâmetro  $C$  é descrito pela Equação 3, em seguida a Equação 2 será transformada na Equação da reta segundo as propriedades dos logaritmos (Equação 4).

$$I_m = \frac{C}{(t + b)^n} \quad (2)$$

$$C = K.T^m \quad (3)$$

$$\log i_m = \log C - n \cdot \log(t + b) \quad (4)$$

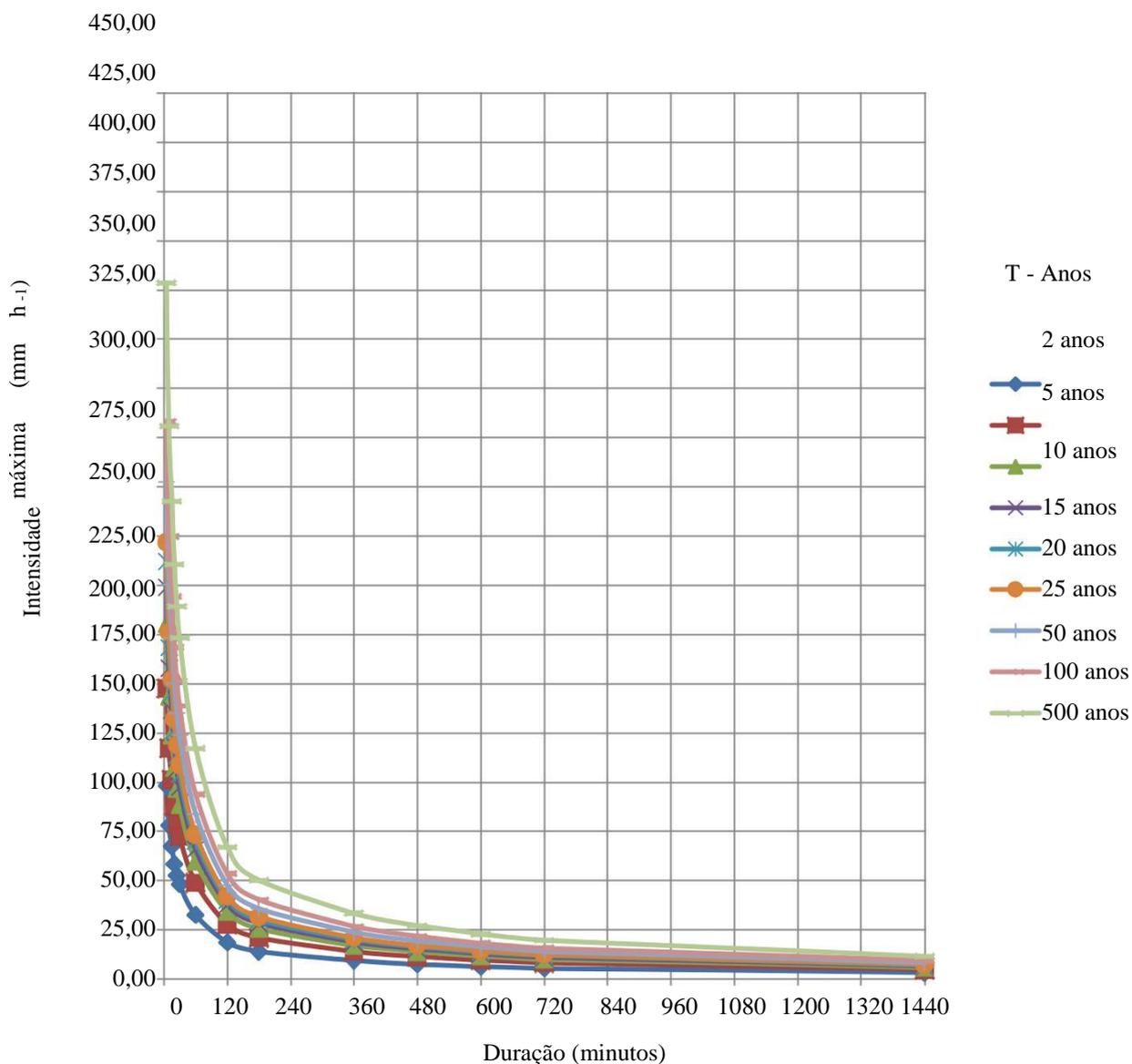
A determinação do parâmetro  $b$  será feita por tentativas através da análise de regressão aplicada aos valores dos logaritmos da intensidade de chuva ( $\log i_m$ ) para um dado período de retorno, com relação aos logaritmos das durações ( $\log t$ ), de acordo com (VILLELA; MATTOS, 1975).

Em uma segunda etapa, serão gerados gráficos de dispersão, empregando-se a análise de regressão linear simples tendo como ordenadas os valores de  $\log i_m$ , e como abscissas os valores de  $\log(t+b)$ , e assim será estimado o coeficiente angular ( $n$ ) e o linear ( $\log C$ ), para cada período de retorno. Os parâmetros  $K$  e  $m$ , também serão estimados pelo método dos mínimos quadrados, conforme a Equação 5.

$$\log C = \log k + m \cdot \log T \quad (5)$$

Em que:  $\log k$  e  $m$  = são os coeficientes linear e angular da reta, respectivamente.

Com os valores obtidos nas equações acima é possível elaborar as curvas de intensidade, duração e frequência, conforme mostrado na Figura 3, na qual pode-se verificar a intensidade da precipitação máxima estimada pela distribuição de Gumbel para diferentes períodos de retorno para a cidade de Mossoró de 1964 a 2013.



**Figura 3:** Relação intensidade-duração-frequência de chuva para a cidade de Mossoró/RN, determinada pela distribuição de Gumbel de 1964 a 2013.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tela inicial podemos acessar os dados de qualquer cidade do RN apenas clicando em uma das cidades definida pelos polígonos no mapa do RN mostrado. Na figura 4 é exemplificado o efeito no mapa produzido quando o mouse está sobre algum ponto do mapa.

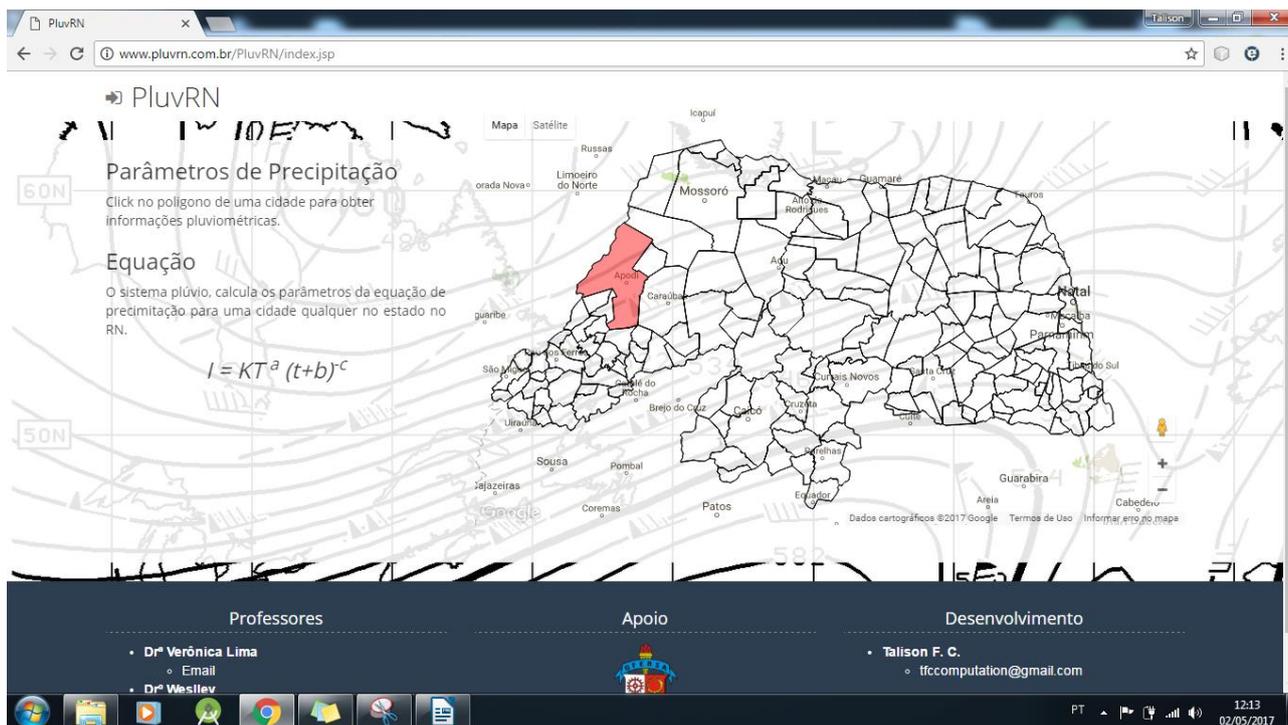


Figura 4: Tela inicial do PluvRN.

Para configurar os dados do PluvRN acessamos o dashboard e informamos o login e senha de algum usuário administrador. Na figura 5 vemos a tela de login.

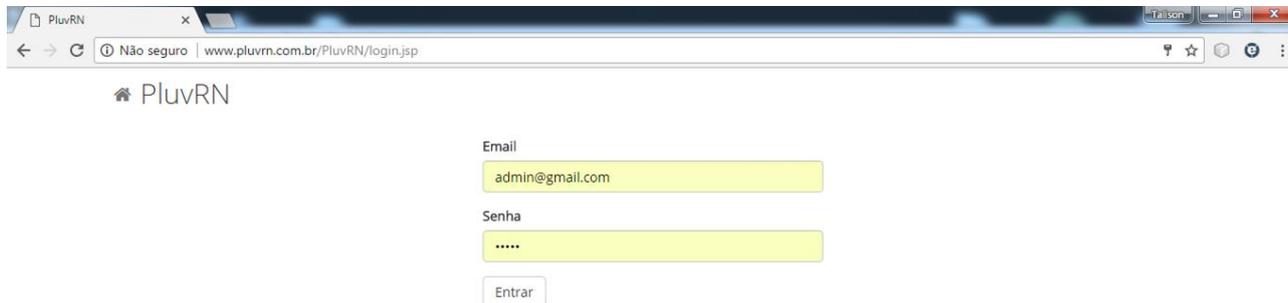
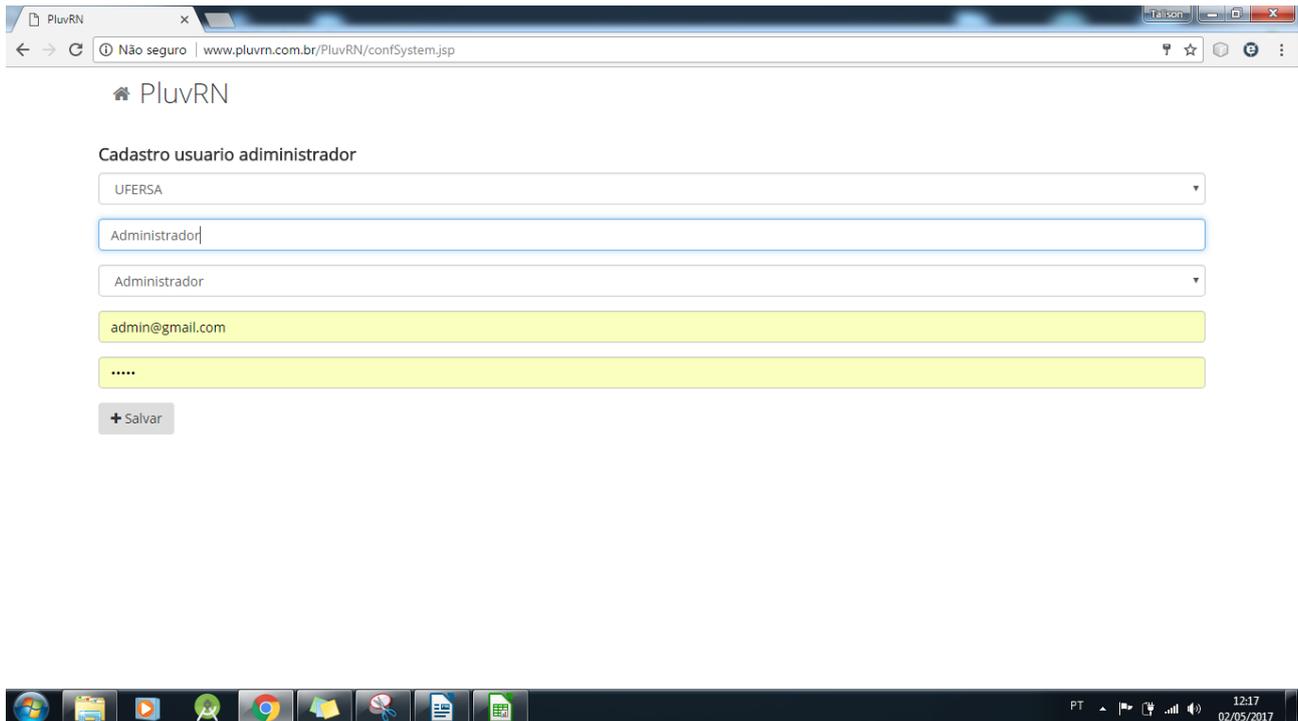


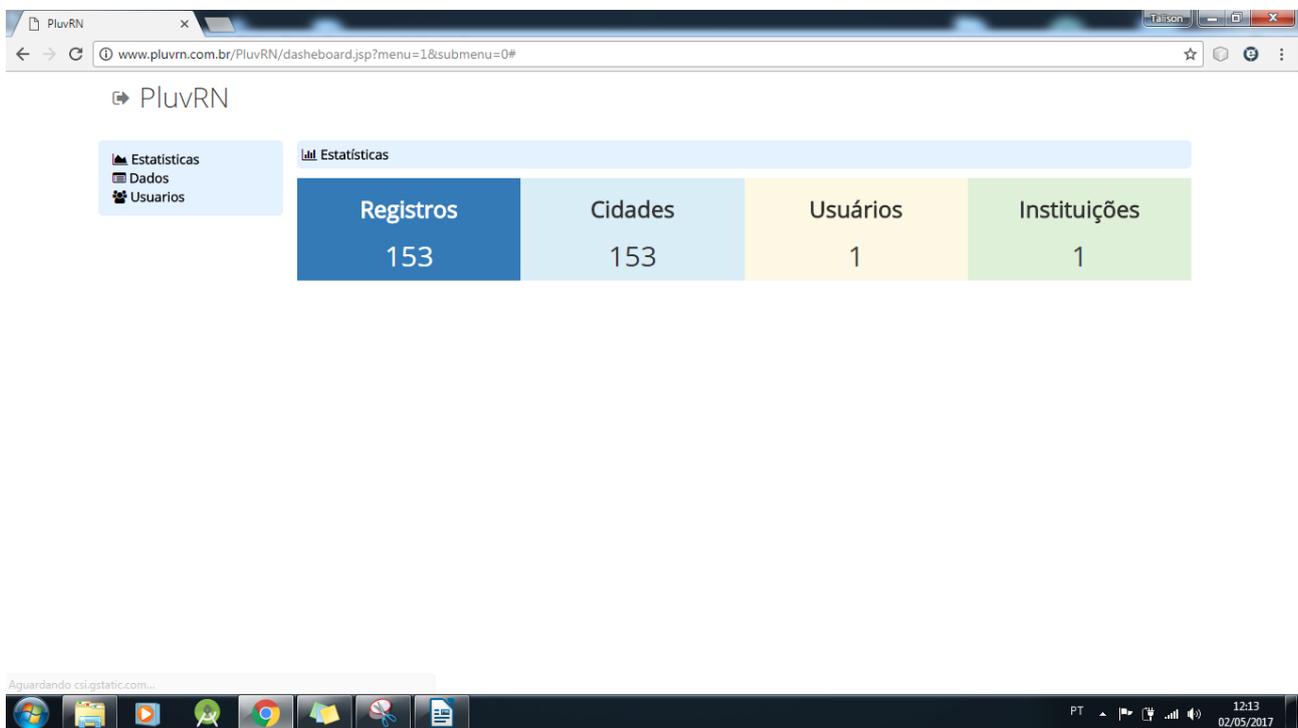
Figura 5: Tela de login do PluvRN.

Caso não haja nenhum usuário cadastrado, automaticamente será aberta uma tela de cadastro. Dentro do dashboard ainda é possível adicionar novos usuários. A figura 6 demonstra a tela de cadastro de usuário para o primeiro acesso do sistema.



**Figura 6:** Tela de cadastro de usuário do primeiro acesso.

Dentro do dasheboard existe algumas opções para o gerenciamento dos dados. Na tela de estatística é mostrado um balanço geral dos dados armazenados no bando de dados do PluvRN, conforme mostrado na figura 7.



**Figura 7:** Tela de estatísticas do sistema.

No menu dados, há algumas opções de cadastro: interpolação, desagregação, cidades e dados. Cada opção serve para adicionar dados ao sistema que serão úteis no cálculo da equação de precipitação. Na figura 8 vemos a tela de cadastro dos coeficientes de interpolação. Para adicionar um novo valor, basta adicionar o número de amostras, o valor de  $Y_n$  e o valor de  $S_n$ .

Coeficientes para fazer interpolação

Numero de dados	$Y_n$	$S_n$
20	0.52	1.06
30	0.54	1.11
40	0.54	1.14
50	0.55	1.16
60	0.55	1.17
70	0.55	1.19
80	0.56	1.19
90	0.56	1.2
100	0.56	1.21
150	0.56	1.23
200	0.57	1.24

**Figura 8:** Tela de cadastro dos dados para a interpolação.

Na aba de desagregação podemos definir os coeficientes de desagregação, que serão utilizada para o desacoplamento dos índices pluviométricos em dias (d), horas (h) e minutos (m). No cadastro de um coeficiente informamos a base de origem, isto é, em que dimensão está o dado de entrada, a base de destino, e duas respectivas unidades, seguido do valor do coeficiente. Na figura 9 podemos ver a tela de cadastro dos coeficientes de desagregação. Nela já existe alguns coeficientes que foram definidos.

Base de origem	Unidade da base de origem	Base de destino	Unidade da base de destino	Coeficiente
24	h	1	d	1.14
1	h	24	h	0.42
30	m	1	h	0.74
25	m	30	m	0.91
20	m	30	m	0.81
15	m	30	m	0.7
10	m	30	m	0.54
5	m	30	m	0.34
2	h	24	h	0.48

**Figura 9:** Tela de cadastro de coeficientes de desagregação.

Para adicionar os dados de uma cidade, primeiro devemos cadastrar a cidade. Para o cadastro dos dados, foi usado a API Maps fornecida pela Google. Nela, a partir de um clique em uma região do mapa, é possível obter o código da cidade junto com outras informações, como nome, estado e outras. Para o PluvRN, o nome e o estado são suficientes. Esses dados são importantes para a interação dinâmica com o mapa da tela inicial do PluvRN. Observe que na figura 10, ao clicar em uma cidade, o código, nome e estado foi automaticamente adicionado aos campos de cadastro.

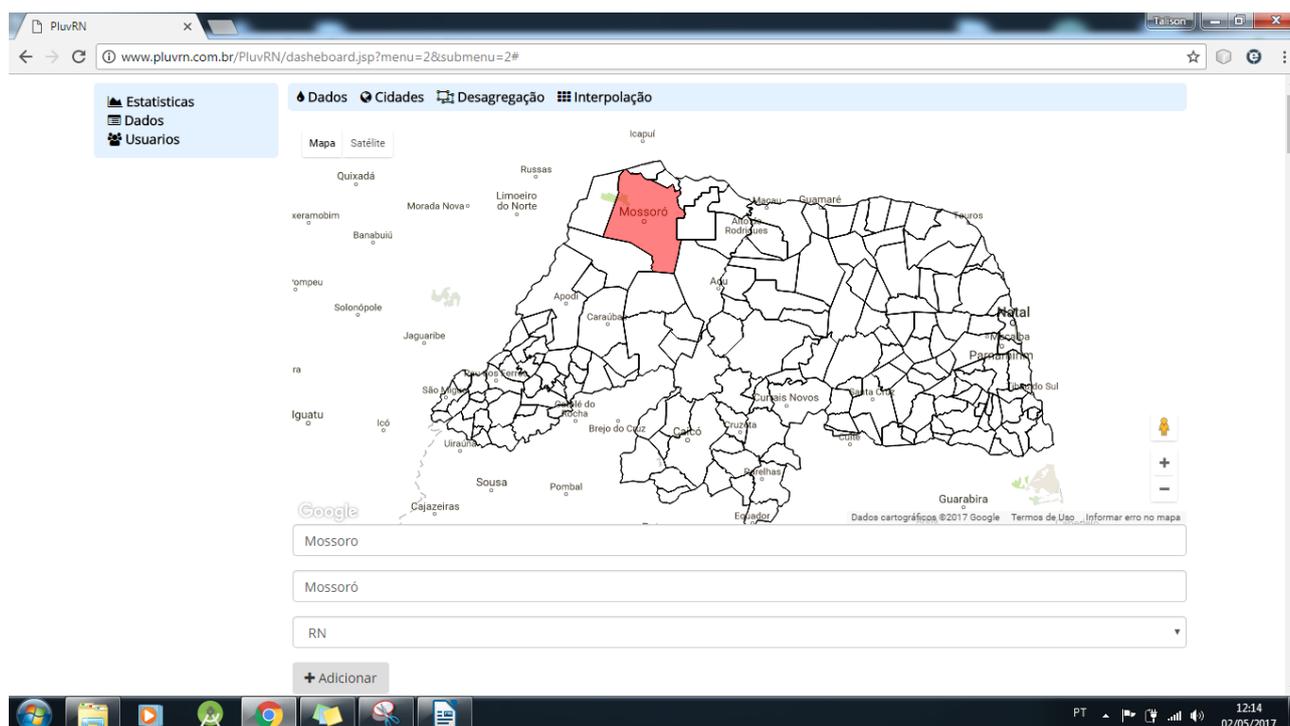


Figura 10: Tela de cadastro de cidade.

Finalmente, dentro do menu dados, adicionamos os dados referente a cada cidade. Para tanto, conforme mostrado na figura 08, selecionamos a cidade, e copiamos os dados, sendo que a informação de chuva máxima anual de cada ano deve está em uma linha própria. Na figura 11 é mostrado que algumas cidade já foi cadastrada.

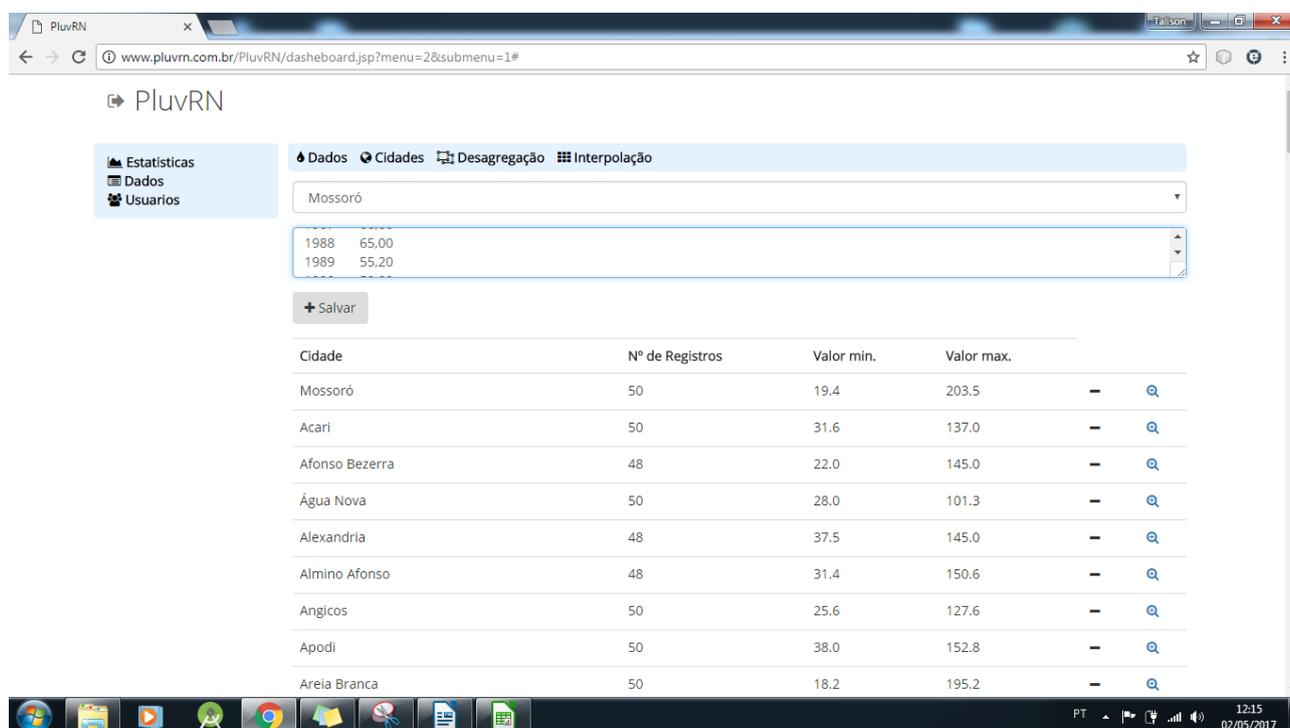


Figura 11: Tela de cadastro de dados.

Clicando sob alguma dessas cidades, bem como em alguma cidade do mapa da tela inicial, o sistema mostra uma página contendo todos os dados cadastrados para aquela cidade e no final da página, a equação de precipitação com os coeficientes ajustados.

O último item do menu é o de usuário. Nele é possível cadastrar novas instituições e usuários para usar o sistema. A figura 12 mostra duas guias, uma para cadastro de instituições e a outra para cadastro de usuários. O sistema PluvRN está disponível em <http://www.pluvRN.com.br>

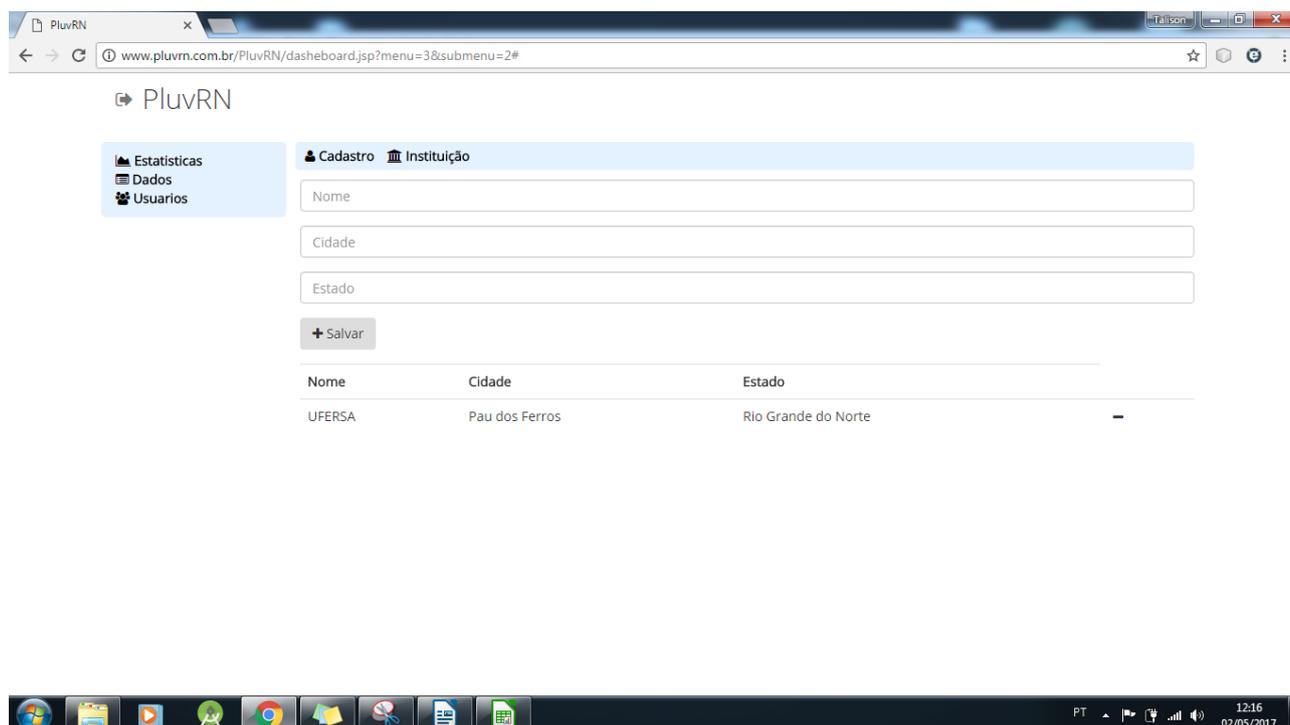


Figura 12: Tela para gerenciamento de usuários.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados, pode-se verificar que a proposta do software desenvolvido nesse trabalho, que é gratuito e acessível para os estudantes de graduação, engenheiros, professores e para outros profissionais da área, visa facilitar a disponibilidade dessas informações para auxiliar nos cálculos de projetos de obras hidráulicas.

## **ALGORITMO NA ÁREA DE TOPOGRAFIA: cálculo de levantamento planimétrico por caminhamento.**

### **1. INTRODUÇÃO**

A disciplina que trata dos métodos de medição e coleta de dados sobre uma porção limitada da superfície terrestre é conhecida como topografia ou também geomática. Trata-se de uma ciência que vem sendo desenvolvida ao longo do tempo, com origem desde o início da civilização, a partir da necessidade de medição e demarcação de limites de propriedades.

Os estudos relacionados ao relevo da terra são de fundamental importância para a engenharia, arquitetura, e demais áreas da construção civil. Antes é necessário conhecer a forma e as características de um terreno para execução de qualquer obra que nele venha a existir, com isso surge a necessidade de trabalhos topográficos, que se dedicará a analisar o seu contorno terrestre, informando sobre parâmetros planimétricos e altimétricos.

Existe uma gama de softwares comerciais que auxiliam profissionais da área, com rápida obtenção de informações e detalhes do relevo em estudo, que podem gerar desenhos topográficos em um alto nível de qualidade. Porém, nas universidades, o uso desses softwares por vezes, torna-se inconveniente pelo fato de gerar custos para sua implementação e manuseio. Com isso, os estudantes acabam não tendo acesso a uma ferramenta computacional para auxiliar com o grande fluxo de dados que são gerados em levantamentos topográficos, como pontos, ângulos internos e externos, deflexões, distâncias e cotas.

A criação de uma ferramenta didático-pedagógica, de acesso gratuito e livre pela internet pode contornar satisfatoriamente esse déficit de aproveitamento das disciplinas nos cursos de graduação. Uma vez que, os alunos não estariam limitados pela quantidade de dados estudados, tornando-os livres para ocupação do tempo com tarefas mais importantes como a análise e interpretação dos resultados gerados. Essa limitação será pela grande quantidade de cálculos manuais, que são feitos de forma metódica e mecanizada, ocupando um período de tempo relativamente grande de trabalho braçal, algo que hoje na prática profissional, é feito de uma forma bastante rápida e eficiente com o uso de computadores.

Costa et al (2008), elucida o fato de que os cálculos para obtenção das coordenadas dos pontos de interesse são laboriosos, onde o trabalho poderia ser agilizado por softwares topográficos, porém, esses são de custo elevado e de difícil aquisição nas universidades. Esses softwares são essenciais para que os alunos possam conhecer uma ferramenta para solução rápida de problemas em topografia, por isso, torna-se importante para a universidade desenvolver suas próprias ferramentas de pesquisa.

O objetivo desse trabalho será desenvolver através de linguagem de programação PHP, uma ferramenta computacional que será de acesso gratuito e livre via página web, para alunos das disciplinas de topografia e correlatas. A ferramenta contará com entrada de dados via um arquivo padrão pré-definido, e fará os cálculos planimétricos automaticamente gerando resultados gráficos e analíticos. Será hospedada no próprio site da universidade, permitindo que os estudantes de qualquer localidade tenham acesso.

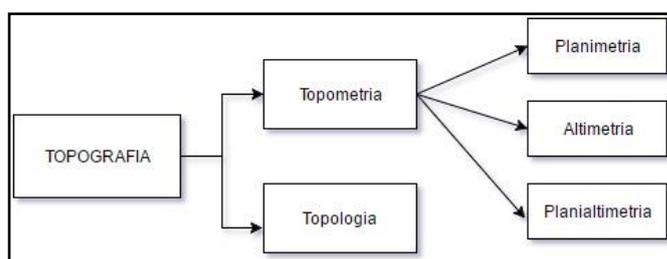
## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Conhecer o relevo da terra é um parâmetro inicial necessário para a execução de diversas obras de engenharia, mas não apenas essa área em específico, diversas outras carecem de dados topográficos para desenvolverem seus próprios projetos, assim como salienta McCormac (2007), citando arquitetos, silvicultores e geólogos como exemplos de profissionais que usufruem da topografia para darem continuidade aos seus objetivos profissionais.

“É indiscutível a importância da topografia para a engenharia. Para concepção de qualquer obra de engenharia, bem como para sua futura implantação, é fundamental o conhecimento dos elementos naturais e artificiais que a cercam. Logo, a planta topográfica é a primeira e insubstituível “ferramenta” para implantação de projetos de engenharia”. (TULLER e SARAIVA, 2014).

A topografia como é conhecida hoje, pode ser dividida em topometria e topologia (Figura 1). A topometria trata dos métodos para avaliação das grandezas, como distâncias e áreas, sejam horizontais e/ou verticais. No entanto a topologia cuida do estudo, representação e interpretação de plantas de relevo de um terreno. (TULLER e

SARAIVA, 2014). Dentro da topometria, existe ainda três ramificações, a planimetria que estuda o relevo no plano horizontal, importando-se com suas distâncias e ângulos horizontais, a altimetria trata dos planos verticais, seus ângulos e distâncias, representando o perfil de uma determinada superfície. E por fim a planialtimetria que é união das duas ramificações já citadas, onde representa o terreno como um todo, desde sua projeção em perfil, até a representação de suas curvas de níveis. A topografia estuda uma parte limitada da superfície terrestre, diferentemente da geodesia. Esse limite é considerado pois, para certas distâncias em projeções horizontais (em média 50 a 80 km), a curvatura da terra precisa ser levada em conta.



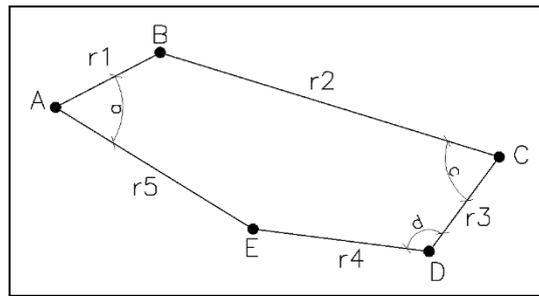
**FIGURA 1:** Ramificações da Topografia.

**FONTE:** Autoria Própria.

A planimetria é o ramo da topografia responsável por estudar o terreno levando em consideração somente dimensões e coordenadas planimétricas. Não tendo ideia nesse caso, do relevo do terreno em questão, levando-se em conta apenas suas distâncias e ângulos horizontais, localização geográfica e posição (JÚNIOR, NETO e ANDRADE, 2014).

Ao longo dos anos surgiram vários métodos para levantamento planimétrico na tentativa de guiar e padronizar os procedimentos necessários para a obtenção de dados, entretanto, alguns desses foram ganhando destaque e se tornando cada vez mais utilizados, estão entre eles: o método por caminhamento ou também conhecido por poligonação, método da intercessão, método da irradiação e método das ordenadas.

Segundo Tuler e Saraiva (2014), o método de levantamento por caminhamento consiste em medir ângulos e distâncias horizontais por intermédio de alinhamentos sucessivos, podendo partir de um ponto e retornar a origem, nesse caso, a poligonal é dita fechada, ou pode-se iniciar e encerrar o levantamento em pontos diferentes, resultando em uma poligonal dita aberta. A Figura 2 ilustra os segmentos formados pelo método de caminhamento.

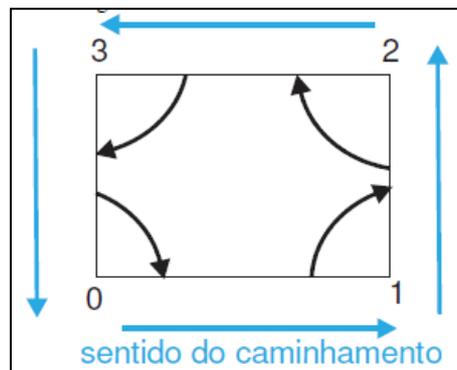


**FIGURA 2:** Poligonal formada por caminhamento.

**FONTE:** Adaptado de Tuler e Saraiva (2014).

A figura representa uma poligonal fechada, em que o levantamento teve início no ponto A, em seguida foi medida uma distância  $r_1$  até o ponto B, e assim percorreu-se os segmentos de distância “ $r_i$ ” até encerrar a medição no ponto de origem A. Com a utilização de teodolitos ou estações totais, é possível medir as angulações formadas entre essas distâncias e alguma linha de referência. E através de métodos matemáticos é possível correlacionar ângulos e distâncias para se obter parâmetros relevantes, como área e perímetro da poligonal.

A Figura 3, apresenta a metodologia de levantamento planimétrico de uma determinada área, com os respectivos pontos de locação dos equipamentos e seus pontos de visada, em um sentido de caminhamento arbitrado.



**FIGURA 3:** Sentido de caminhamento e sentido de medição angular.

**FONTE:** Junior, Neto e Andrade (2014).

É possível perceber que o instrumento (no ponto 1) visa um ponto anterior de referência (ponto 0), e mede a angulação (no sentido horário) a partir deste para o ponto posterior (ponto 2), assim a medição fica no sentido horário, mas o caminhamento segue o sentido anti-horário. A depender do instrumento utilizado, alguns procedimentos

podem ser diferentes, mas de forma geral, a metodologia do levantamento segue essa mesma rotina.

Os dados obtidos em um levantamento topográfico por caminhamento são os alinhamentos, que são determinados pelo ponto fixo de medição (ou ponto de estação) e o ponto visado (ou ponto de vante); os ângulos internos (ou externos, dependendo do método de cálculo) e as distâncias entre esses pontos.

Um dos principais objetivos da planimetria é o cálculo de áreas de poligonais fechadas. Para esse cálculo, existem os métodos gráficos, que consistem em dividir a área total desconhecida em outras áreas de figuras geométricas e calcular cada uma dessas separadamente e no fim soma-las; os métodos analíticos, que utilizam equações matemáticas e apresentam uma maior precisão; e os métodos mecânicos, que fazem uso de instrumentos chamados de planímetro, em que precisam ser manuseados sobre uma projeção física da poligonal em escala para poder realizar os cálculos.

Um levantamento topográfico de qualidade requer uma série de cálculos, utilizando os dados coletando em campo. Cada instrumento possui certa precisão, juntamente com a limitação humana do topógrafo, o levantamento se torna bastante passível de erros, entretanto, há possibilidades de mensurar esses erros e corrigi-los, sem necessidade de retrabalhos no campo.

## 2.1 AZIMUTE

Após efetuado o levantamento, é possível calcular os azimutes através das deflexões, assim como apresentado pela Equação 1.

$$Az (\text{Calculado}) = Az (\text{anterior}) \pm \text{Deflexão} \quad \text{Eq. [1]}$$

Há outra maneira de calcular azimutes, utilizando ângulos horários, da forma como expressa a Equação 2.

$$Az (\text{Calculado}) = Az (\text{anterior}) + \hat{\text{Ângulo Horário}} + (\pm 180^\circ \text{ ou } - 540^\circ) \quad \text{Eq. [2]}$$

O terceiro termo da soma apresentada na equação acima, depende da soma do azimute anterior com o ângulo horário associado. Se o resultado dessa soma for inferior

a  $180^\circ$ , é somado  $180^\circ$ , caso a soma esteja situada entre  $180^\circ$  e  $540^\circ$ , será subtraído  $180^\circ$  e se o resultado estiver superior a  $540^\circ$ , deve ser subtraído  $540^\circ$ .

## 2.2 ERRO DE FECHAMENTO ANGULAR

O erro angular em uma poligonal aberta, é simplesmente a subtração do azimute inicial, conhecido, com o azimute transportado ou calculado, dos lados da poligonal, conforme Equação 3.

$$E = Az (Transportado) - Az (Conhecido) \quad \text{Eq. [3]}$$

Quando a poligonal é fechada, o cálculo do erro se divide em dois métodos. O primeiro erro é constatado quando o somatório dos ângulos da poligonal não corresponder a igualdade da Equação 4.

$$\sum \hat{A}ngulos = 180^\circ(n \pm 2) \quad \text{Eq. [4]}$$

Onde “n” é o número de lados da poligonal. O sinal é positivo quando o ângulo é horário externo e negativo quando horário interno.

O segundo método relaciona as deflexões e o erro se caracteriza pela não igualdade da Equação 5.

$$\sum D. Direita - \sum D. Esquerda = 360^\circ \quad \text{Eq. [5]}$$

Caso seja constatado erro, é possível corrigi-lo através da razão entre o erro angular e o número de lados da poligonal, conforme mostrado na Equação 6.

$$Correção = - \frac{E}{n} \quad \text{Eq. [6]}$$

## 2.3 COORDENADAS RELATIVAS NÃO CORRIGIDAS

Relaciona os ângulos corrigidos e as distâncias medidas em campo. Considera-se que o eixo coordenado y coincide com o norte magnético ou norte verdadeiro, em que o

levantamento foi orientado, dessa forma, as coordenadas relativas são dadas pela trigonometria, conforme mostrado nas Equações 7 e 8.

$$X_{ab} = d_{ab} \sin(Az_{ab}) - (\text{Abcissa Relativa}) \quad \text{Eq. [7]}$$

$$Y_{ab} = d_{ab} \cos(Az_{ab}) - (\text{Ordenada Relativa}) \quad \text{Eq. [8]}$$

Os sinais das coordenadas relativas dependem diretamente do quadrante em que pertence o ponto topográfico e deve ser considerado.

#### 2.4 COORDENADAS RELATIVAS CORRIGIDAS

Há dois processos de correção das coordenadas relativas. O primeiro processo consiste em distribuir os erros proporcionalmente as distâncias medidas em campo, calculando-se os fatores de proporcionalidade, em x e y, respectivamente, como mostra as Equações 9 e 10.

$$\text{Fator } x = \frac{E_x}{P} \quad \text{Eq. [9]}$$

$$\text{Fator } y = \frac{E_y}{P} \quad \text{Eq. [10]}$$

“E” é o erro respectivo a um eixo cartesiano, considerando o sinal original do erro. “P” é o perímetro em metros. Para determinar as correções, basta efetuar o produto entre o fator correspondente e a distância, conforme as Equações 11 e 12.

$$\text{Correção } x = -(\text{Fator } x)(\text{Dist}_{1-2}) \quad \text{Eq. [11]}$$

$$\text{Correção } y = -(\text{Fator } y)(\text{Dist}_{1-2}) \quad \text{Eq. [12]}$$

O segundo processo está relacionado com a proporcionalidade das coordenadas relativas. É semelhante ao método utilizado inicialmente, porém, contém uma única diferença, os fatores de proporcionalidade, em x e y, são calculados através da razão

entre o erro e o somatório dos valores de abscissa e ordenada, respectivamente, e não mais pelo perímetro.

## 2.5 COORDENADAS ABSOLUTAS

São as coordenadas finais, que constituirão a planta topográfica. Para que o polígono esteja locado no primeiro quadrante, arbitra-se valores positivos como ponto de partida, como mostrado nas Equações 13 e 14.

$$X_{n+1} = X_n + X_{n \rightarrow n+1} \quad \text{Eq. [13]}$$

$$Y_{n+1} = Y_n + Y_{n \rightarrow n+1} \quad \text{Eq. [14]}$$

## 3. METODOLOGIA

Foi desenvolvido uma ferramenta computacional, para auxílio dos estudantes de graduação, nas disciplinas de topografia e/ou correlatas, que necessitem de uma análise rápida e eficaz dos dados levantados em aulas práticas de planimetria.

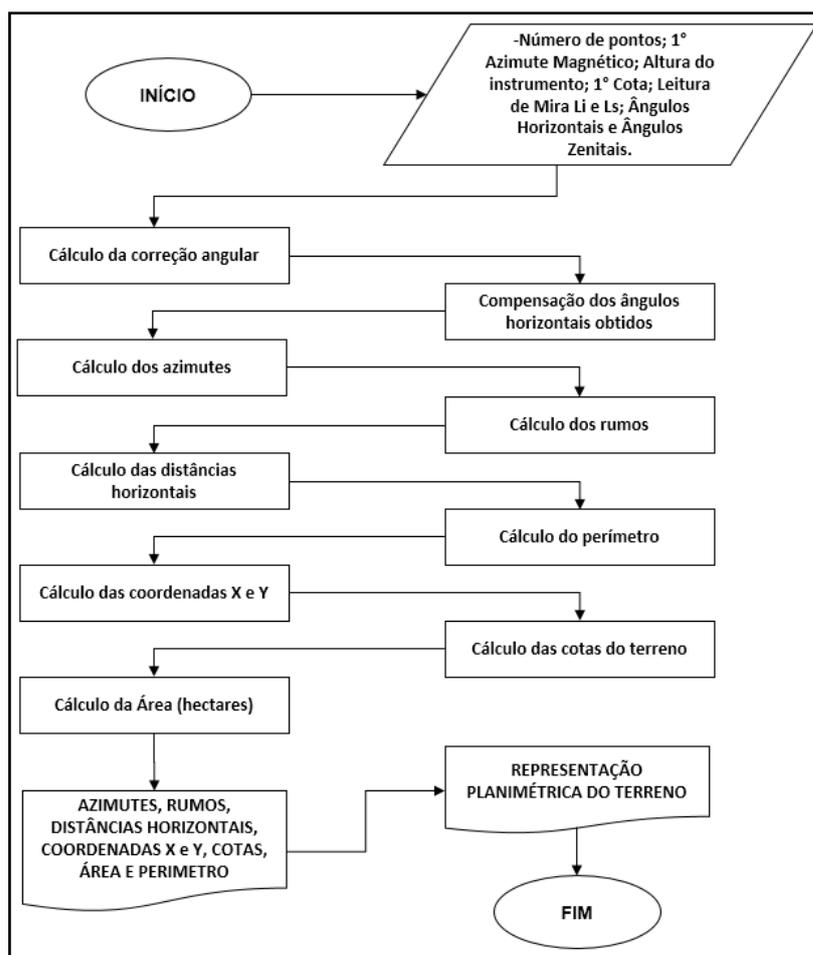
Disponibilizar a ferramenta em um domínio livre na internet apresentou-se mais interessante, pois permite aos estudantes uma plataforma de acesso rápido e gratuito nos domínios da universidade. A implementação em páginas web, foi feita utilizando a linguagem de programação PHP (sigla em inglês para *Hypertext Preprocessor*), que é uma linguagem de *escript open source* (código aberto) de uso geral, que é amplamente utilizada em todo o mundo para desenvolvimento de páginas web dinâmicas, que possibilitam a interação com o usuário por meio de formulários e links, além de trabalhar com banco de dados.

Vale ressaltar que o Topocal trata-se de um programa de uso profissional e bastante consolidado no meio técnico, apresentando inúmeras ferramentas para análise e modelagem dos dados topográficos, suporta ainda levantamentos planimétricos e altimétricos, além de várias opções de importação e personalização dos projetos, portanto a sua comparação com o software desenvolvido nesse trabalho, que apresenta um caráter didático e acadêmico, será de forma sucinta e bastante qualitativa, buscando representar a confiabilidade e aplicabilidade do software desenvolvido

Na Figura 4 é mostrado um fluxograma representativo do software, onde é possível visualizar todas as etapas de cálculo e geração de dados, partindo desde a entrada de dados como os azimutes magnéticos, altura do instrumento, cotas, leituras de mira, e ângulos, até a representação gráfica do terreno.

O programa foi desenvolvido utilizando-se o método de levantamento por caminhamento, uma vez que esse é o mais comumente ensinado nas disciplinas de topografia. Primeiro são feitas as correções e compensações angulares, em seguida prossegue-se com os cálculos dos rumos, azimutes e distâncias horizontais, para por fim, obter o perímetro, as coordenadas x e y dos pontos levantados, e área do terreno.

Ao final desse trabalho, será feito ainda um exemplo de levantamento utilizando o software desenvolvido, e como forma comparativa dos resultados será feito o mesmo levantamento utilizando o software comercial Topocal versão 5.0, que é bastante renomado no meio técnico.



**FIGURA 4:** Fluxograma representativo do software desenvolvido.

**FONTE:** Autoria Própria.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do trabalho de coleta de dados em campo, o usuário deverá fazer a exportação desses dados, que podem estar inseridos em algum equipamento específico (teodolito ou estação total), para o computador, para com isso, selecionar os parâmetros para inseri-los na ferramenta desenvolvida.

Como etapa inicial o usuário deverá inserir os valores nos campos referentes ao 1° Azimute Magnético, em seguida é necessário fazer *download* de um arquivo modelo em formato “.txt” (Observar destaque 1 da Figura 5), que irá receber os dados do levantamento, esse arquivo é mostrado na Figura 6, onde a posição e os espaçamentos dos valores devem ser respeitados conforme consta no modelo, caso contrário pode ocorrer erros no processamento.

Os parâmetros de entrada no arquivo modelo são as leituras de mira, leitura dos ângulos horizontais e leitura dos ângulos zenitais, que são obtidos no campo através de instrumentos de medição topográfica, como teodolito ou estação total. Após feito isso, o usuário deverá salvar esse arquivo, e fazer o seu upload no site do software, através do botão “Escolher Arquivo” (Observar destaque 2 da Figura 5), por fim, deve-se clicar em “Submit” para se efetuar os cálculos e os resultados serem mostrados automaticamente.

The image shows a web interface titled "Ferramentas" with a section for "1° Azimute Magnético". It contains several input fields: "Graus", "Altura do Instrumento", "Minutos", "Cota OI", and "Segundos". Below these is a "Submit" button. A red box highlights a link that says "Clique aqui para baixar o modelo do arquivo." with a circled "1" next to it. Another red box highlights a file selection area with a button labeled "Escolher arquivo" and the text "Nenhum arquivo selecionado", with a circled "2" next to it.

**FIGURA 5:** Interface gráfica do Software.

**FONTE:** Autoria Própria.

LI	LS	GRAUS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRAUS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	1.5440	73	53	25	89	19	36
1	1.5010	141	15	38	88	37	48
1	1.8480	71	33	8	87	25	6
1	1.8050	73	17	37	89	32	18

**Leituras de Mira**      **Leitura de Ângulos Horizontais**      **Leitura de Ângulos Zenitais**

FIGURA 6: Arquivo modelo para inserção dos dados.

FONTE: Autoria Própria.

O software gera um relatório completo, com todas as etapas do cálculo efetuado, tabelas resumo do levantamento, e projeção 2D do terreno, conforme será mostrado nas próximas imagens.

Há várias formas de se inserir pontos topográficos no Topocal seja por forma direta, clicando em pontos diretamente na área de trabalho do programa, ou fazendo a importação dos dados levantados. A última opção foi a escolhida para a análise do levantamento. As coordenadas podem ser inseridas em um ficheiro ASCII (arquivos de textos simples, que podem ser gerados à partir do aplicativo “Bloco de Notas” do *Microsoft Windows*), e salvas em formato “.txt”, para em seguida serem importadas pelo Menu Ficheiro>Importação>ASCII do Topocal, conforme a Figura 7.

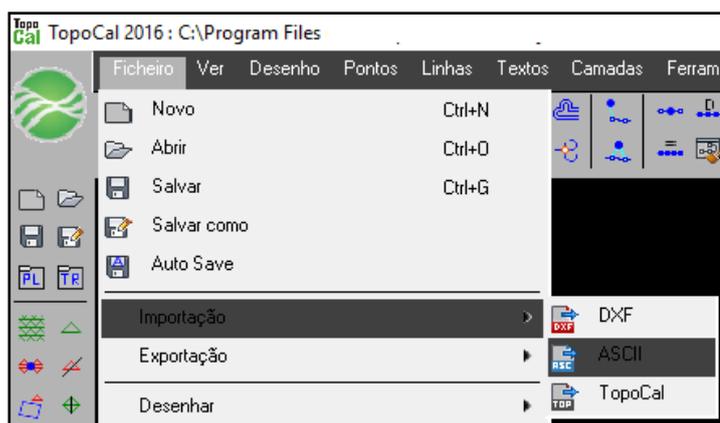


FIGURA 7: Importação de dados no Topocal.

FONTE: Autoria Própria.

#### 4.1 LEVANTAMENTO MODELO

Para exemplificar a usabilidade do software desenvolvido nesse artigo, foi feito o processamento de um levantamento topográfico de um terreno modelo, e esse confrontado com os resultados gerados à partir do software comercial Topocal v5.0.

Os dados do levantamento encontram-se nos Quadros 1 e 2. Nas Figuras 8, 9 e 10 são mostrados os resultados obtidos no software desenvolvido e na Figura 11 os resultados do Topocal.

<b>QUADRO 1: Dados do levantamento modelo</b>							
<b>1º Azimute Magnético</b>		38°15'2"					
<b>Altura do instrumento</b>		1,52 m					
<b>Cota</b>		50m					
<b>Leituras de Mira</b>		<b>Leitura de Ângulos Horizontais</b>			<b>Leitura de Ângulos Zenitais</b>		
<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>Graus</b>	<b>Minutos</b>	<b>Segundos</b>	<b>Graus</b>	<b>Minutos</b>	<b>Segundos</b>
1	1,544	73	53	25	89	19	36
1	1,501	141	15	38	88	37	48
1	1,848	71	33	8	87	25	6
1	1,805	73	17	37	89	32	18

<b>QUADRO 2: Coordenadas Geográficas</b>		
<b>PONTOS</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	33,6528	42,7366
2	33,2260	92,8315
3	-46,8740	65,3841
4	0	0

Alinhamento		Ângulos Horizontais	Leituras De Mira (m)			Ângulos Zenitais	Azimutes Magnéticos		
Estação	PV		Ls	Lm	Li				
0	1	73°53'25"	1.5440	-	1	89°19'36"	38°15'02"		
1	2	141°15'38"	1.5010	-	1	88°37'48"			
2	3	71°33'08"	1.8480	-	1	87°25'06"			
3	0	73°17'37"	1.8050	-	1	89°32'18"			

Alinhamento		Ângulos Internos		Azimutes	Rumos
Estação	PV	Ângulo Lido	Ângulo Compensado		
0	1	73°53'25"	73°53'28"	38°15'02"	38°15'02" NE
1	2	141°15'38"	141°15'41"	359°30'43"	00°29'17" NO
2	3	71°33'08"	71°33'11"	251°03'54"	71°03'54" SO
3	0	73°17'37"	73°17'40"	144°21'34"	35°38'26" SE
Σ(i) e Σ(Ai)		359°59'48"	360°00'00"		

Est	PV	DH	SEN Rumo	COS Rumo	Longitude Topográfica			Latitude Topográfica		
					E	O	c	N	S	c
0	1	54,39	0,6191	0,7853	33,67	-	0,0216	42,71	-	0,0216
1	2	50,07	0,0085	0,9999	-	0,42	0,0002	50,06	-	0,0253
2	3	84,62	0,9458	0,3244	-	80,04	0,0515	-	27,46	0,0139
3	0	80,49	0,5826	0,8126	46,90	-	0,0301	-	65,41	0,0331
Σ(Perimetro)		269,58			80,57	80,47	0,1036	92,78	92,87	0,0939

Alinhamento		Longitudes Corrigidas (m)		Lattitudes Corrigidas (m)		X	Y	S(X)	Δ(Y)	[S(X)][Δ(Y)]
Est	PV	E(+)	O(-)	N(+)	S(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m) <sup>2</sup>
0	1	33,65	-	42,73	-	33,65	42,73	33,65	42,73	1438,20
1	2	-	0,42	50,09	-	33,22	92,83	66,87	50,09	3350,28
2	3	-	80,10	-	27,44	-46,87	65,38	-13,64	-27,44	374,60
3	0	46,87	-	-	65,38	0,0	0	-46,87	-65,38	3064,81
Σ		80,52	80,52	92,83	92,83					8227,90

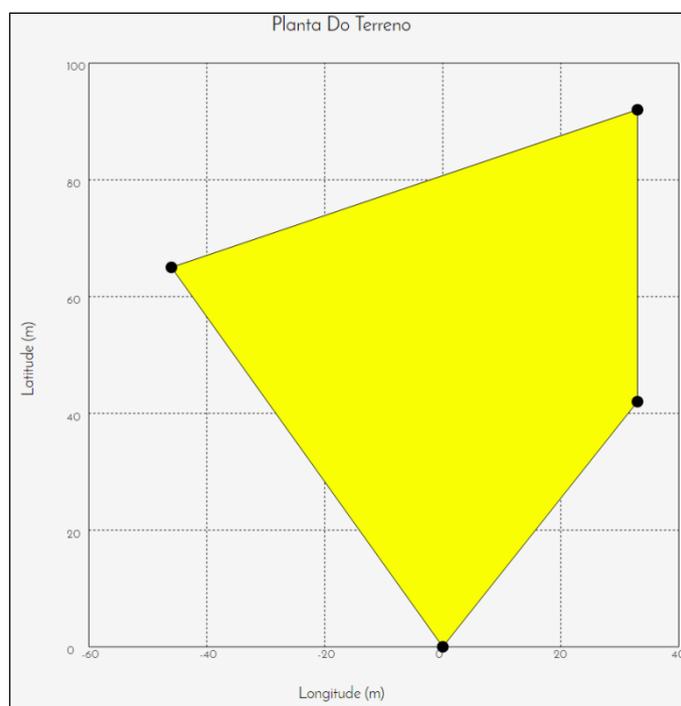
**FIGURA 8:** Parte I do relatório gerado pelo Software.

**FONTE:** Autoria Própria.

TABELA DE DADOS	
Ingresse as leituras da mira	Lm <sub>01</sub> = 1.272 Lm <sub>12</sub> = 1.2505 Lm <sub>23</sub> = 1.424 Lm <sub>30</sub> = 1.4025
Ingresse os ângulos internos	Ângulos <sub>01</sub> = 73°53'25" Ângulos <sub>12</sub> = 141°15'38" Ângulos <sub>23</sub> = 71°33'08" Ângulos <sub>30</sub> = 73°17'37"
Somatório dos ângulos internos	359°59'48"
Somatório do ângulo esperado	360°00'00"
Erro angular	00°00'12"
Correção do erro angular	00°00'03"
Ângulos corrigidos	Ângulo <sub>01</sub> = 73°53'28" Ângulo <sub>12</sub> = 141°15'41" Ângulo <sub>23</sub> = 71°33'11" Ângulo <sub>30</sub> = 73°17'40"
Somatório dos ângulos corrigidos	360°00'00"
Cálculo do ângulo de inclinação	Ângulos <sub>01</sub> = 89°19'36" Ângulos <sub>12</sub> = 88°37'48" Ângulos <sub>23</sub> = 87°25'06" Ângulos <sub>30</sub> = 89°32'18"
Cálculo dos azimutes magnéticos	Azimuthes <sub>01</sub> = 38°15'02" soma Azimuthes <sub>12</sub> = 359°30'43" soma 179°30'43" Azimuthes <sub>23</sub> = 251°03'54" soma 431°03'54" Azimuthes <sub>30</sub> = 144°21'34" soma 324°21'34"
Cálculo das distâncias horizontais	Distancia <sub>01</sub> = 54.392487337634 Distancia <sub>12</sub> = 50.071361463119 Distancia <sub>23</sub> = 84.627949083762 Distancia <sub>30</sub> = 80.494773652844
Calculando o perímetro	269.58657153736

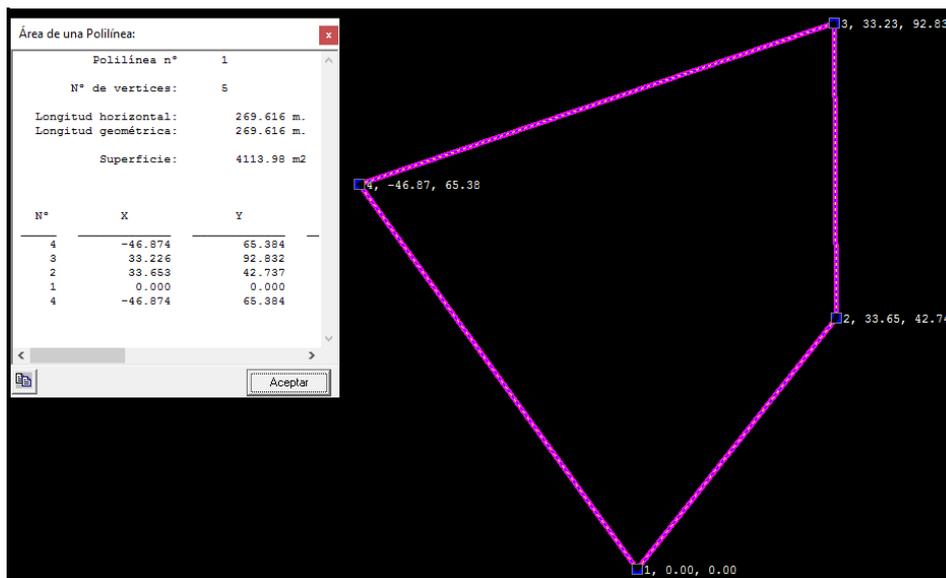
**FIGURA 9:** Parte II do relatório gerado pelo Software.

**FONTE:** Autoria Própria.



**FIGURA 10:** Planta planimétrica do terreno.

**FONTE:** Autoria Própria.



**FIGURA 11:** Planta planimétrica do terreno gerada no software Topocal.

**FONTE:** Autoria Própria.

O Topocal por ser uma ferramenta de uso profissional, requer um certo preparo por parte do usuário, pois são diversas as formas de inserção e análise dos dados, a depender do tipo de levantamento e dos dados em questão. No caso em estudo, foi necessário fazer a conversão das leituras do instrumento de medição em coordenadas geográficas, mostradas no Quadro 2. A apresentação dos resultados (poligonização, pontos, cores, etc) pode ser personalizada pelo usuário. Os dados referentes a área do terreno (“*Superficie*”) e o perímetro (“*Longitud*”) foram obtidos através do Menu Projeto>Área do Polígono, e são mostrados na Figura 11, no canto superior esquerdo.

O software desenvolvido, é bastante simples de ser utilizado, necessitando do usuário basicamente o preenchimento correto do arquivo modelo e dos dados preliminares. Além de trabalhar com os dados que são obtidos diretamente da planilha de campo, elaboradas pelos estudantes ou topógrafos, como as leituras de miras e angulação. Todos os processos de cálculo são mostrados em forma de tabelas, e a projeção planimétrica do terreno em imagem 2D, tudo de forma automática e mostrado diretamente da página web do software, não necessitando assim, de qualquer outro procedimento por parte do usuário.

Comparando-se o resultado da área do terreno, o Topocal informou um total de 4113,98m<sup>2</sup>, enquanto o software um valor de 0,4114 hectares, que são portanto, valores equivalentes. O perímetro do terreno foi calculado como sendo de 269,616m pelo Topocal, e 269,586 m pelo software. Pequenas discrepâncias entre os valores podem ser

percebidas, isso é ocasionado pela diferença na metodologia de cálculo dos softwares em análise, sendo portanto, encarados como normais e aceitáveis.

## 5. CONCLUSÕES

A proposta do software desenvolvido nesse trabalho foi de apresentar um recurso simples e bastante objetivo para auxiliar na didática das disciplinas que necessitam manipular e analisar dados topográficos, além de ser acessível de forma gratuita por qualquer estudante de graduação com acesso à internet.

Diante do exposto, pode-se avaliar a importância em desenvolver ferramentas didáticas e gratuitas para estudantes de graduação, que na maioria das vezes não tem oportunidades de trabalhar com softwares comerciais, e consequentemente onerosos, para um aproveitamento eficiente das disciplinas. Uma vez que, os professores ao tomarem conhecimento da ferramenta, podem fazer a indicação de uso para seus alunos, e os mesmos usufruírem de um recurso que antes só era possível através de softwares pagos e na maioria das vezes, de difícil acesso. Apesar de não ser a ideia primordial do software, o mesmo ficará acessível para qualquer pessoa, seja ela leiga, profissional da área ou professor, não necessitando de nenhum cadastro prévio ou chave de acesso para sua utilização.

Portanto, ao fim do desenvolvimento desse trabalho, é disponibilizado uma ferramenta inteiramente gratuita e acessível a qualquer pessoa. No qual ajudará a ultrapassar uma barreira, na maioria das vezes econômica, na qual auxiliará no desenvolvimento intelectual dos estudantes ou qualquer outra pessoa que não apresente recursos ou interesse na compra de softwares topográficos comerciais.

## 6. REFERÊNCIAS

ARAGÃO, R. De.; SANTANA, G. R. De.; COSTA, C. E. F. F. Da.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E. De.; SRINIVASAN, V. S.; Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.3, p.243–252, 2013.

BERNARD, M. M. **Formulas for rainfall intensities of long duration**. American Society of Civil Engineers, 40p. 1930.

BORGES, A. de C.; **Topografia Aplicada a Engenharia**. Editora Edgar Blücher, 1977.  
CAMPOS, A. R. et al. EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUENCIA DE CHUVAS PARA O ESTADO DO PIAUI. **Ciencia Agronomica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p.488-498, jul. 2014.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Drenagem urbana**: manual de projeto. 1.ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1986. 466p.

COSTA, J. et al. **DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA PARA SOLUÇÃO DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO PELO MÉTODO DE CAMINHAMENTO**. Univap, [São José dos Campos], 2008.

EMPARN - **Setor de meteorologia da emparn**: 20 anos de serviços prestados à sociedade northeriogrãndense, 2012.

GARCIA, J. F. da C. Análise da precipitação no semiárido potiguar. Natal: UFRN, 2011. 62p. Dissertação Mestrado.

JUNIOR, J. M. C.; NETO, FERNANDO C. R.; ANDRADE, Júlio da Silva C. O. **TOPOGRAFIA GERAL**. Recife: Edufrpe, 2014. 156 p.

MCCORMAC, J. C. **Topografia**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 408 p.

PORTO, R.; ZAHHEL, F. K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. Ed. Porto Alegre: ABRH-EDUSP, 2000. 943 p.

PRUSKY, F. F.; CALIJURI, M. L.; BHERING, E. M.; SILVA, J. M. A. Metodologia baseada no uso de sistemas de informações geográficas para a obtenção de equações de chuvas intensas em qualquer localidade do Estado do Paraná. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 5, n. 3, p. 254-265, 1997.

RODRIGUES, J. O. et al. EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUENCIA DE CHUVAS PARA AS LOCALIDADE DE FORTALEZA E PENTECOSTE, CEARÁ. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p.511-519, 2008.

SOBRINHO, V. F.; RODRIGUES, J. O.; MENDONÇA, L. A. R.; ANDRADE, E. M. De.; TAVARES, P. L. R. Desenvolvimento de equações Intensidade-Duração-Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, p.727-734, 2014.

TULER, M.; SARAIVA, S. **FUNDAMENTOS DE TOPOGRAFIA**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 308 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A.; **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1975. 245 p.