

# ESTUDO DE CASO: CUSTO-BENEFÍCIO DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS PLANIMÉTRICOS REALIZADOS SOB O USO DE DRONE, GEORREFERENCIAMENTO RTK E ESTAÇÃO TOTAL.

Ruan Henrique Barros Figueredo<sup>1</sup>, Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto<sup>2</sup>

**Resumo:** As características planimétricas de uma área são indispensáveis para o domínio do espaço e tomada de decisão no uso e ocupação de áreas urbanas e rurais. Para tanto, faz-se necessário observar os custos associados às precisões requeridas no levantamento topográfico, sendo, portanto, o diferencial na eficiência do uso do investimento da obra. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o custo-benefício de levantamentos topográficos planimétricos realizados sob o uso de Drone, RTK e estação total. O Drone não conseguiu coletar os dados necessários pois como ele depende de vetorização, em alguns pontos, não se obteve visão. A estação total foi o único dos equipamentos que conseguiu coletar e entregar todos os dados necessários para o levantamento topográfico.

**Palavras-chave:** Custo-benefício, planimetria, Topografia.

## 1. INTRODUÇÃO

Um levantamento topográfico deve ser considerado como investimento e nunca como despesa. Conforme a evolução tecnológica da instrumentação topográfica, utilizada atualmente, tem-se elevado o grau de aproximação e reduzido o tempo de mapeamento em campo. Muito embora, cada equipamento/técnica seja mais apropriada/direcionada a situações específicas. Diante disso pode-se listar o uso de estação total, RTK e uso de Drone. Nesse cenário, temos precisões e custos de serviços diferentes, levando em consideração a aquisição dos instrumentos e treinamento de mão-de-obra. Sendo assim, há necessidade de encontrar elementos que visem facilitar à tomada de decisão e de contratação desses serviços, principalmente, quanto ao seu custo-benefício.

Levantamentos topográficos podem ser feitos utilizando diversos equipamentos, com características, precisão, metodologia e custos diferentes, porém, na maioria das vezes, ao solicitar um serviço de levantamento topográfico, os clientes optam pelo mais barato, mesmo que, não entregue o resultado com precisão necessária para tal. Com o avanço da tecnologia, o aparelhamento topográfico está cada vez melhor, exigindo também uma mão de obra mais especializada, fazendo com que, os serviços sejam realizados cada vez mais rápidos, porém, com um custo mais elevado. A agilidade chama a atenção dos contratantes, mas, o custo, faz com que seja escolhido outro método mais barato. Em determinados ambientes, os usos de alguns equipamentos topográficos se tornam inviáveis devido a suas características, como por exemplo, florestas, ou áreas urbanas muito densas, dependendo do objetivo do serviço, dificultam o trabalho de aparelhos como o Drone e o RTK, onde a estação total leva vantagem, mesmo, sendo mais lento. Já em áreas grandes e abertas, é mais viável o uso do Drone e do RTK, devido a facilidade e agilidade dos mesmos.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Fundamentação Teórica

#### 2.1.1 Estação total

A estação total é, atualmente, o equipamento mais utilizado pelos topógrafos, pois, o mesmo faz os cálculos das medidas e dos ângulos automaticamente por relações trigonométricas e armazena esses dados em sua memória, para que posteriormente possam ser utilizados esses dados pelo topógrafo.

“Para esta discussão, considera-se que coordenadas retangulares do ponto inicial e o azimute de uma linha são conhecidos ou arbitrados. A estação total é instalada, as coordenadas são inseridas no instrumento e o azimute conhecido é ajustado no mostrador do círculo horizontal. Usando o movimento do instrumento, uma visada de ré é tomada ao longo da linha cujo azimute é conhecido. Em seguida, girando a alidade, é realizada a visada para o próximo ponto. Então, o azimute de vante será mostrado e gravado na memória do instrumento. Quando o instrumento é levado para o segundo ponto, o procedimento usado no primeiro ponto é repetido, exceto que o azimute de ré para o primeiro ponto e as coordenadas do segundo ponto não têm que

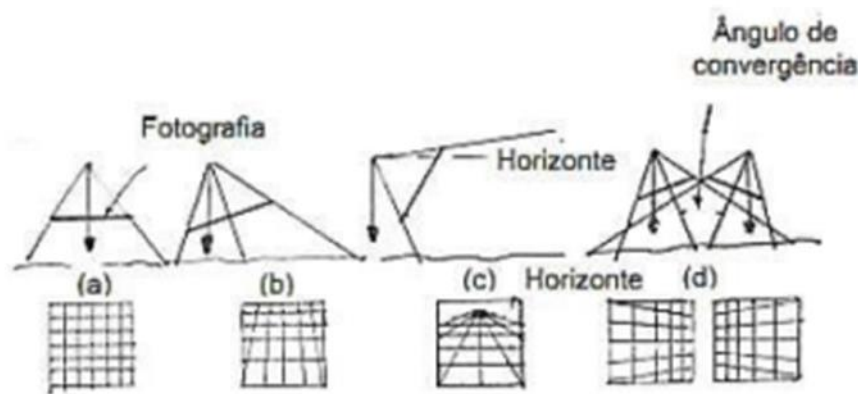
ser reintroduzidos. Eles são meramente chamados da memória do instrumento e, após isso, o próximo ponto é visado. Esse procedimento continua até que o topógrafo retorne para o ponto inicial ou para algum ponto cujas coordenadas sejam conhecidas. As coordenadas desse ponto final são comparadas com aquelas determinadas com a estação total. Se a diferença ou o erro de fechamento estão dentro de limites aceitáveis, são feitos ajustes proporcionais para os pontos intermediários para produzir as coordenadas finais.”[1].

### 2.1.2 Drone

Por definição, drone é classificado como um VANT, que “são veículos aéreos não tripulados, reutilizáveis e controlados, sendo que estes veículos podem voar de forma autônoma, semiautônoma ou manualmente, guiados por controle remoto”[2].

O drone chegou para aperfeiçoar os levantamentos topográficos, pelo fato do seu uso ser simples e prático quando comparado a outros métodos de levantamento. Nele, basta traçar seu plano de voo (onde será definida a altura, a área a ser explorada, a velocidade, e também a quantidade de imagens que serão coletadas pelo VANT) em um computador, ou qualquer outro dispositivo eletrônico que permita fazer esse plano e em seguida é necessário apenas colocá-lo em execução, para que o drone fotografe toda a área planejada.

Segundo Fortunato (2018), os drones são mais produtivos para georreferenciamento de grandes áreas de riscos e regiões inacessíveis. Além dessa, outra grande vantagem é esse VANT junta todas as imagens coletadas em uma só (em 3D) e faz todo um levantamento da altimetria do local estudado, que facilita bastante para um possível aterro ou corte de terra na área. Mas, infelizmente, não é possível utilizar esse VANT em todas as ocasiões, uma vez que em um local muito nublado, sujeito à chuva, ou até mesmo com grande intensidade de vento impossibilita tal trabalho.



(a) Vertical; (b) baixo-obliqua; (c) alto-obliqua; e (d) par convergente.

Figura 1- Geometria das fotografias, [3]

### 2.1.3 Real Time Kinematic (RTK)

O RTK é um GPS onde os dados coletados são processados simultaneamente com o momento da coleta, isso só é possível pois o mesmo é dividido em duas partes, chamadas de base e rover, que se comunicam via rádio. A base é colocada em um ponto fixo e fica coletando informações dos satélites, por sua vez, o rover, que é o receptor móvel, também fica coletando informações dos satélites e tem a missão de coletar os pontos de interesse para o levantamento, como base e rover se comunicam via rádio, o rover não precisa demorar muito tempo para obter o ponto de interesse, pois assim que coletado a base vai corrigir as coordenadas do rover.

## 2.2 Metodologia

### 2.2.1 Área de estudo

Para a realização do trabalho, a área de estudo escolhida foi a Reitoria da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) campus Mossoró.



Figura 2- Área de estudo, Fonte: Autoria própria (2019)

## 2.2.2 Equipamentos utilizados

### 2.2.2.2 Drone



Figura 3- Drone, Fonte: Autoria Própria

Especificações:

- 
- Modelo: DJI Mavic Pro;
  - Foto: 12 megapixels com a tecnologia HDR e suporte de RAW DNG;
  - Alcance de controle: 7 km;
  - Bateria: 27 minutos

#### 2.2.2.1 Estação total



Figura 4- Estação Total, Fonte: Autoria Própria.

Especificações:

- Modelo: Estação Total Geodetic GD2i;
- Precisão angular de 2";

- 
- Alcance de 400m sem prisma;
  - Duplo Display;
  - Prumo Laser;
  - Alcance de 5000 metros com prisma.

### 2.2.2.3 RTK



Figura 5- RTK, Fonte: Autoria Própria

Especificações:

- Modelo: GNSS RTK X91;
- Tempo de inicialização RTK: abaixo de 10 segundos;

- 
- Sinais rastreados: GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5;
  - GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3; SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS; Galileo: E1, E5A, E5B e BeiDou: B1, B2;
  - Rádio interno de 1w;
  - Memória interna de 4GB;
  - Precisão horizontal 8mm + 1ppm e Precisão Vertical 15mm + 1ppm.

O Método utilizado para o andamento desse trabalho foi dividido em três etapas, coleta dos dados através dos levantamentos topográficos, processamento dos dados e por fim, análise dos mesmos.

Primeiramente foi escolhida a área para a coleta dos dados, e feito o levantamento primeiramente com o RTK, onde foram coletados os pontos de interesse para demarcar a área e também foram coletados e marcados pontos de apoio para os demais levantamentos. Após o levantamento com o RTK, foi realizado o levantamento com o drone e depois com a estação total. O estudo foi realizado entre os meses de maio e agosto de 2019.

Para processar os dados obtidos pelo RTK, foram coletados os arquivos do equipamento, um em formato dwg. E outro em Rinex. O arquivo em Rinex é necessário para a correção do ponto de base, que é feito no site do IBGE.

Para processar as imagens coletadas com o drone, foi utilizado o dronedeploy, site que também cria o plano de voo, para que o drone voe e capture as fotos necessárias com diferentes angulações, para gerar o ortomosaico, que é a junção de todas as fotos tiradas pelo drone formando apenas uma. O ortomosaico é utilizado para vetorizar os pontos de interesse.



Figura 6- Ortomosaico, fonte: Autoria Própria.

No processamento dos dados obtidos pela estação total, primeiramente, é feito a coleta dos dados que estão na estação, em formato pts., esses arquivos passam por um software, chamado H-LINK, com o objetivo de transforma-los em arquivos com formato dxf., que compatíveis com o AutoCad.

### 2.2.3 Custo dos Serviços

Estimou-se o custo de cada levantamento através do simulador referencial de preços e serviços de agrimensura, criado pelo Associação dos Profissionais de Engenharia Agrimensura do Estado de São Paulo[4] e pelo site da revista horus aeronaves[5].

## 2.3. Resultados e Discussões

### 2.3.1. RTK

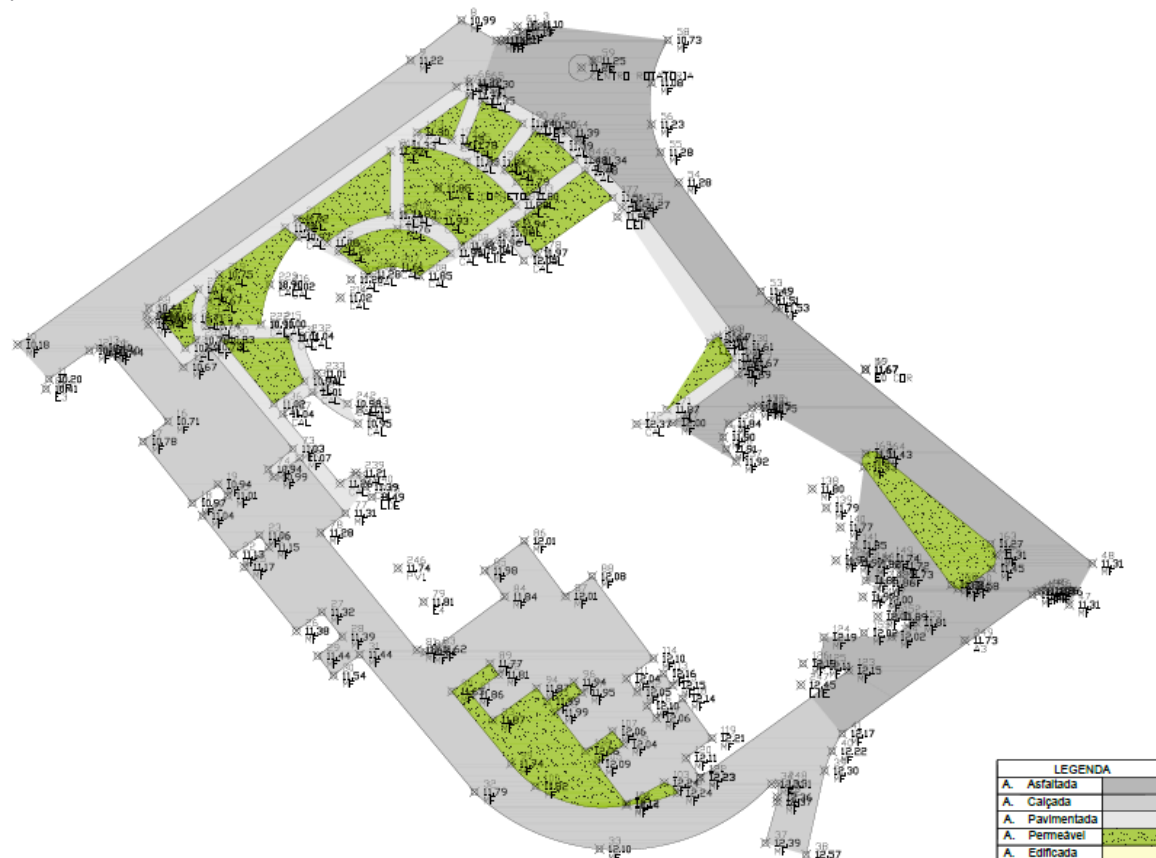


Figura 7- Mapa gerado através dos dados obtidos pelo RTK, Fonte: autoria Própria.

O levantamento realizado com o RTK, foi consideravelmente rápido, devido a sua extrema praticidade, levanto um total de duas horas e dezesseis minutos para ser realizado. Foram capturados todos os pontos possíveis, em alguns locais foi encontrado dificuldade para obter alguns pontos, devido a interferências de linhas de transmissões de energia, árvores e paredes da reitoria. Devido a tais interferências, não foi possível coletar alguns pontos, deixando o levantamento incompleto.

Devido a interferência causada pelas árvores e pelo Prédio da reitoria, o RTK foi bastante prejudicado nesse levantamento, mostrando a sua principal desvantagem, que é a falta de sinal em locais com densidade alta de árvores, linhas de transmissão de energia, e paredes.

Conforme o Simulador Referencial de Preços de Serviços de Agrimensura, o custo de serviço com o RTK é de R\$ 1.568,19 para esse serviço.

### 2.3.2. Drone



Figura 8-Mapa gerado através dos dados obtidos pelo Drone, Fonte: autoria Própria.

O levantamento realizado com o drone foi o mais rápido, demorando apenas 31 minutos para ser realizado, durante a realização do plano de voo e consequentemente na captura das imagens não foi encontrado nenhum problema.

Alguns pontos não conseguiram ser vetorizados com as imagens do drone, mostrando uma das falhas que pode acontecer ao realizar um levantamento topográfico com o drone. Outra falha que pode ser observada no estudo, é que durante a elaboração do ortomosaico pelo software, alguns objetos apresentam-se arredondados, dessa forma, perdendo certa qualidade no levantamento, principalmente se o levantamento exigir uma grande precisão.

Segundo o site horus aeronaves, o custo de um mapeamento realizado com o drone é calculado de acordo com o risco e com o tamanho da área. Em relação ao risco, é cobrado um valor prefixado de R\$ 2000. Também se cobra 30 reais por hectare. A área da pesquisa tem 0,98 ha. Portanto, o custo do serviço realizado pelo drone é R\$ 2030, 00.

### 3.2.3. Estação Total

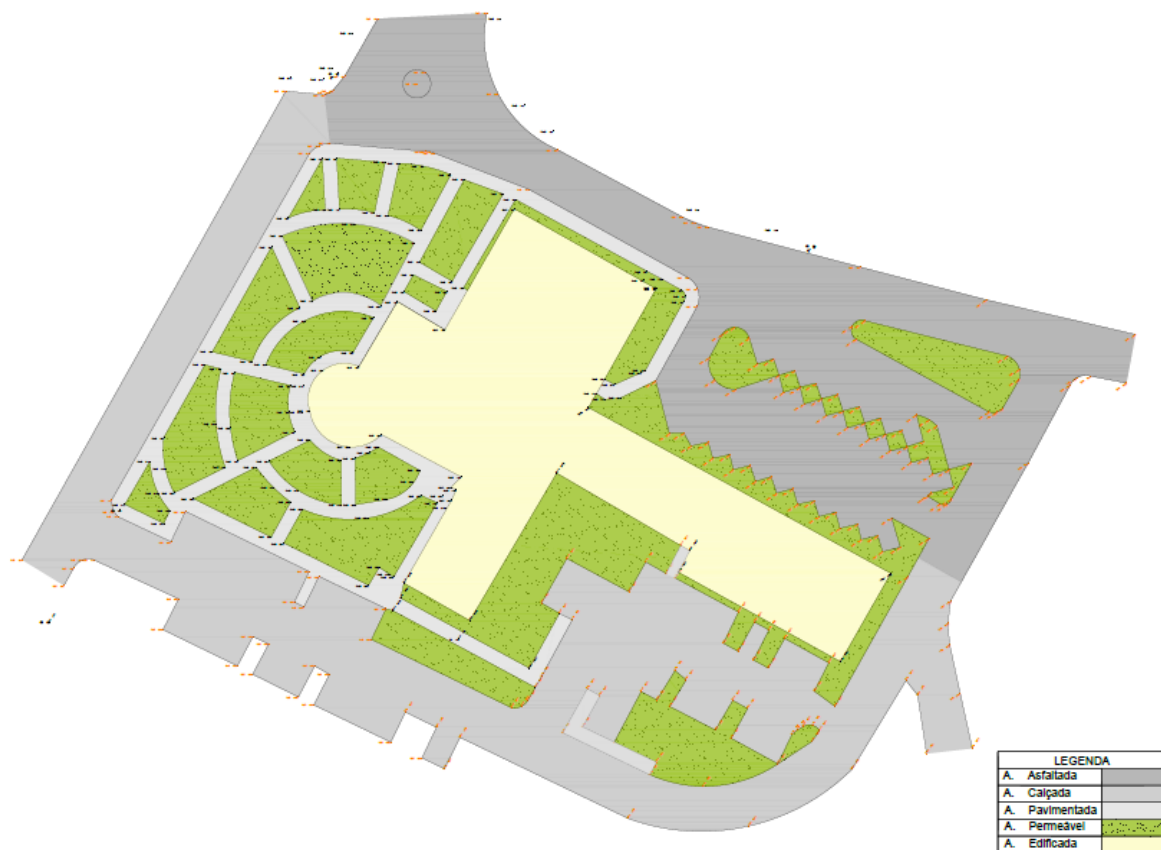


Figura 9-Mapa gerado através dos dados obtidos pela estação total, Fonte: autoria Própria.

O levantamento realizado com a estação total, foi o mais demorado, levando aproximadamente sete horas e quarenta e sete minutos, vale salientar que foi necessário a ajuda de uma pessoa, para que o mesmo fosse realizado. Em contrapartida, com a estação total, foi possível capturar todos os pontos de interesse, sendo o único que realizou tal feito.

Devido ao tipo de funcionamento da estação total, foi necessário dividir o levantamento em 4 levantamentos menores, utilizando o método do encaminhamento, pois, a estação total não consegue capturar pontos que se encontram atrás de objetos, mostrando uma de suas desvantagens. Desta forma, antes de escolher um ponto de estação, é necessário que o operador observe se do lugar escolhido é possível capturar todos os pontos de interesse, economizando tempo de trabalho.

Outras vantagens encontradas na utilização da estação total foram: o tempo para a realização do serviço, e a necessidade de um ajudante.

De acordo com o Simulador Referencial de Preços de Serviços de Agrimensura, o custo desse serviço com a estação total é de R\$ 1.305,81 por hectare, desta forma, o valor do serviço para esse caso é R\$ 1.279,70.

### 3. CONCLUSÕES

Ao Comparar as 3 Cartas topográficas, percebe-se que o único equipamento que conseguiu entregar um resultado com todos os pontos de interesse, foi a estação total. Observa-se também que com o avanço da tecnologia, os levantamentos topográficos vêm se tornando cada vez mais rápidos.

Concluiu-se que a estação total foi o equipamento que apresentou o melhor custo benefício, mesmo sendo o mais demorado. Pois, o mesmo apresenta um custo aproximadamente 17% mais barato que o RTK e 36% mais barato que o Drone.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MCCORMAC, Jack; SARAUSA, Wayne; DAVIS, Willian. Topografia. 6. ed. São Paulo: Ltc, 2016. 428 p.
- [2] EISENBEISS, Henri. A MINI UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV): SYSTEM OVERVIEW AND IMAGE ACQUISITION. 2004. Disponível em: <[https://www.semanticscholar.org/paper/A-MINI-UNMANNED-AERIAL-VEHICLE-\(UAV\)%3A-SYSTEM-AND-Eisenbeiss/31e4725e74bf623aeaf86782f52d9f140b2af153](https://www.semanticscholar.org/paper/A-MINI-UNMANNED-AERIAL-VEHICLE-(UAV)%3A-SYSTEM-AND-Eisenbeiss/31e4725e74bf623aeaf86782f52d9f140b2af153)>. Acesso em: 17 jun. 2019.

- 
- [3] SANCHES BAZAN, W, GARCIA TOMMASELLI, AM, GALO, M, DA SILVA RUY, R. A INFLUÊNCIA DAS INJUNÇÕES DE ORIENTAÇÃO RELATIVA NA CALIBRAÇÃO DE UM SISTEMA DUAL DE CÂMARAS DIGITAIS. Boletim de Ciências Geodésicas. 2009; Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=393937709009>.
- [4] ASSOCIAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE ENGENHARIA AGRIMENSURA DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). Simulador Referencial de Preços de Serviços de Agrimensura. 2015. Disponível em: <https://www.amiranet.com.br/simulador>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- [5] AERONAVES, Horus. Quanto devo cobrar por um serviço com drone? 2017. Disponível em: <https://horsaeronaves.com/quanto-devo-cobrar-por-um-servico-com-drone/>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- [6] ABNT. NBR 13133: Execução de levantamento topográfico – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT. 1994.
- [7] BORGES, A. C. Topografia aplicada à Engenharia Civil. 3ª reimpressão. São Paulo: E. Blücher, v. 1 e v. 2. 1999.
- [8] IBGE. Noções básicas de cartografia. Rio de Janeiro: IBGE. 1999.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA  
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 15:00 h do dia quatorze de agosto de dois mil e dezenove, no hall da Central de Aulas V do CCEN – Centro de Ciências Exatas e Naturais da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **RUAN HENRIQUE BARROS FIGUEREDO**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2018011343**, com o título **“ESTUDO DE CASO: CUSTO-BENEFÍCIO DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS PLANIMÉTRICOS REALIZADOS SOB O USO DE DRONE, GEORREFERENCIAMENTO RTK E ESTAÇÃO TOTAL”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. Dr. MIGUEL FERREIRA NETO, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; MSc. ALEX ÁLVARES DA SILVA e ScB VINÍCIUS NAVARRO VARELA TINOCO, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: **10,0; 10,0; 10,0**. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral **10,0**. E para constar, eu, MIGUEL FERREIRA NETO, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 14 de AGOSTO de 2018.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. MIGUEL FERREIRA NETO – UFERSA  
Presidente e orientador

MSc. ALEX ÁLVARES DA SILVA – UFERSA  
Primeiro Membro

ScB. VINÍCIUS NAVARRO VARELA TINOCO - UFERSA  
Segundo Membro