



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LOUANNES DANIEL FIGUEREDO NECO

**AVALIAÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS COM BASE NA
CARACTERIZAÇÃO DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS**

ANGICOS – RN

2020

LOUANNES DANIEL FIGUEREDO NECO

**AVALIAÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS COM BASE NA
CARACTERIZAÇÃO DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Angicos, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Osvaldo Nogueira de Sousa Neto, Prof. Dr.

ANGICOS – RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

NN368 Neco, Louannes Daniel Figueredo. Avaliação de
a barragens subterrâneas com base na caracterização
de microbacias hidrográficas / Louannes Daniel
Figueredo Neco. - 2020.
61 f. : il.

Orientador: Osvaldo Nogueira de Sousa Neto.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de --Selecione um Curso
ou Programa--, 2020.

1. Barragens subterrâneas. 2. Recursos hídricos.
3. Microbacias hidrográficas. I. Neto, Osvaldo
Nogueira de Sousa, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LOUANNES DANIEL FIGUEREDO NECO

**AVALIAÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS COM BASE NA
CARACTERIZAÇÃO DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Angicos, como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 07 / 02/ 2020

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto

Orientador



Prof. Dr. Rafael da Costa Ferreira

Membro Examinador



Prof (a). Me. Danielle da Silva Oliveira

Membro Examinador (a)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, o professor Osvaldo Nogueira de Sousa Neto, na qual me acolheu, me incentivou e sempre confiou no meu trabalho. Muito obrigado.

Agradeço a Banca Examinadora, prof. Rafael da Costa Ferreira e a prof (a) Danielle da Silva Oliveira, pela disponibilização do tempo, e sugestões para a melhoria do presente trabalho. Muito obrigado.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por ter me proporcionado meios para que eu pudesse concluir a minha graduação e por disponibilizarem a melhor equipe de professores. Muito obrigado.

Agradeço a todos os meus amigos, principalmente, aos que estiveram mais próximos de mim durante toda a minha caminhada, pelas palavras de incentivo, por sempre me apoiarem nas minhas decisões, e pela paciência, ora em momentos bons, ora em momentos ruins. Muito obrigado.

“Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia. O mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante. ”

Augusto Branco

RESUMO

Um dos problemas mais antigos enfrentado pelos moradores da região semiárida nordestina é a falta de água, tal problema pode ser amenizado com o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de recursos hídricos, de forma que a água possa ficar disponível por mais tempo sem sofrer com perdas, como a perda por evaporação causada pela incidência solar. Em meio a isso surgiu a ideia de barrar o fluxo de água que corre por um lençol freático, e assim resultou no termo Barragem Subterrânea (BS). Para a execução do projeto de instalação de uma BS alguns critérios precisam ser levados em consideração, esses parâmetros serviram para identificar os locais que serão mais propícios a obter um bom resultado, com isso, foram analisadas um total de dezenove barragens subterrâneas instaladas em cinco cidades norte-rio-grandense afim de entender e apresentar algumas características que resultaram no sucesso ou fracasso delas. Para análise desses critérios foi utilizado o programa de geoprocessamento Quantum GIS, no qual foi realizado o estudo com modelos digitais de elevação (MDE) e camadas vetoriais para os delimitar. Para análise das BS's foram usados critérios de relevo, declividade, área de contribuição da microbacia hidrográfica, a região em que as mesmas estão instaladas nos rios e a classificação do solo, dos quais obteve-se resultados aceitáveis em sua maioria. De acordo com os resultados obtidos, três das cinco cidades satisfizeram os critérios analisados resultando assim no possível sucesso das suas instalações, as cidades que atenderam aos parâmetros de análise foram: Alexandria, Currais Novos e Lajes, no quais possuem uma declividade ideal e um bom relevo, por instalarem suas barragens subterrâneas em rios de segunda e terceira ordem e em um ponto distante da cabeceira da microbacia e por serem instaladas em uma classe de solo no qual a permeabilidade da água é favorecida, bem como a agricultura nessas áreas.

Palavras-chave: Barragens subterrâneas. Recursos hídricos. Microbacias de contribuição.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração da barragem subterrânea	15
Figura 2 - Calha viva	16
Figura 3 - Camada dos solos	18
Figura 4 - Abertura da vala à esquerda e a colocação da lona para o barramento	20
Figura 5 - Bapucosa.....	21
Figura 6 - Camadas do solo	22
Figura 7 - Ilustração do local correto para execução do projeto	23
Figura 8 - Localização do poço amazonas de acordo com o sentido do fluxo de água..	24
Figura 9 - Bacia hidrográfica.....	25
Figura 10 - Bacia hidrográfica.....	25
Figura 11 - Exutório	26
Figura 12 - Exutório	27
Figura 13 -- Exutório	28
Figura 14 - Regiões hidrográficas	28
Figura 15 - Cidades norte-rio-grandenses escolhidas para análise.....	37
Figura 16 - Mapa hipsométrico de Alexandria e a localização das barragens subterrâneas	39
Figura 17 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Alexandria.....	40

Figura 18 - Região dos rios	41
Figura 19 - Mapa da classificação do solo no município de Alexandria.....	42
Figura 20 - Mapa hipsométrico de Campo Redondo e a localização das barragens subterrâneas	43
Figura 21 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Campo Redondo.....	44
Figura 22 - Região dos rios	44
Figura 23 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Campo Repondo.....	45
Figura 24 - Mapa hipsométrico de Currais Novos com a localização das barragens subterrâneas	46
Figura 25 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Currais Novos	47
Figura 26 - Região dos rios	48
Figura 27 - Mapa da classificação do solo no município de Currais Novos	49
Figura 28 - Mapa hipsométrico de Jucurutu e a localização das barragens subterrâneas	50
Figura 29 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Jucurutu.....	51
Figura 30 - Região dos rios	51
Figura 31 - Mapa da classificação do solo do município de Jucurutu.....	52
Figura 32 - Mapa hipsométrico de Lajes e a localização das barragens subterrâneas....	53
Figura 33 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Lajes	54
Figura 34 - Região dos rios	55
Figura 35 - Mapa da classificação do solo no município de Lajes.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área de contribuição e perímetro das microbacias	40
Tabela 2 - Classificação dos solos	41
Tabela 3 - Área de contribuição e perímetro	43
Tabela 4 - Classificação dos solos	45
Tabela 5 – Área de contribuição e perímetro	47
Tabela 6 - Classificação dos solos	48
Tabela 7 - Área de contribuição e perímetro	50
Tabela 8 - Classificação dos solos	52
Tabela 9 - Área de contribuição e perímetro	54
Tabela 10 - Classificação dos solos	55
Tabela 11 - Resultados obtidos das cidades analisadas	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM.....	14
2.2	CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS E MICROBACIAS.....	24
2.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSIOGRÁFICAS OU FLUVIOMORFOLÓGICAS	30
2.3.1	Área da bacia	30
2.3.2	Comprimento do rio principal (L)	31
2.3.3	Perfil longitudinal.....	31
2.3.4	Declividades.....	31
2.3.5	Índices de forma	32
2.3.6	Fator de forma Kf.....	32
2.3.7	Densidade	33
2.3.8	Tempo de concentração	34
2.3.9	Hierarquização Fluvial	34
2.4	TIPOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	35
3	METODOLOGIA	36
3.1	OBTENÇÃO DOS DADOS.....	36
3.2	CARACTERIZAÇÃO DAS CIDADES	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ALEXANDRIA	39
4.1.1	Relevo e declividade	39
4.1.2	Bacias de contribuição	40
4.1.3	Região dos rios	41
4.1.4	Classificação dos solos.....	41
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO REDONDO.....	42
4.2.1	Relevo e declividade	42
4.2.2	Bacias de contribuição	43
4.2.3	Região dos rios	44
4.2.4	Classificação dos solos.....	45

4.3	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CURRAIS NOVOS	46
4.3.1	Relevo e declividade	46
4.3.2	Microbacias de contribuição	47
4.3.3	Região dos rios	47
4.3.4	Classificação dos solos	48
4.4	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE JUCURUTU.....	49
4.4.1	Relevo e declividade	49
4.4.2	Microbacias de contribuição	50
4.4.3	Região dos rios	51
4.4.4	Classificação do solo	52
4.5	CLASSIFICAÇÃO DO MUNICÍPIO DE LAJES	53
4.5.1	Relevo e declividade	53
4.5.2	Microbacias de contribuição	54
4.5.3	Região dos rios	54
4.5.4	Classificação dos solos	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	58

1 INTRODUÇÃO

Um decorrente problema do semiárido brasileiro é a escassez de recursos hídricos. Nesse caso o desenvolvimento de tecnologias alternativas passou a ter um papel fundamental para melhorar o abastecimento de água nas regiões afetadas por longos períodos de estiagem, ocasionado pela irregularidade na distribuição temporal e espacial das chuvas. Com o intuito de amenizar tais impactos a barragem subterrânea mostrou ser uma alternativa de baixo custo de construção e manutenção, aproveitando assim, a água armazenada em diferentes zonas do solo.

Pesquisas que atestem a qualidade da tecnologia, bem como critérios para sua implantação são extremamente importantes, haja vista que esta venha a contribuir para a redução do déficit na área de obtenção de recursos hídricos para utilização humana e animal. De acordo com uma pesquisa realizada por Santos et al. (2007), na região do Seridó-RN, um total de 102 barragens subterrâneas foram instaladas, as que se encontravam em lugares onde ocorreram chuvas em quantidades significativas após as construções, percebeu-se a viabilidade de mananciais como poços, cacimbas e o cultivo de culturas de subsistências em esquema de vazante.

Afim de alcançar o sucesso no processo de construção da barragem subterrânea, alguns critérios precisam ser levados em consideração. A escolha do local de instalação da mesma precisa acontecer em um curso de drenagem natural, como córregos e riachos, no qual as águas das chuvas escoam em maior volume. Pontos como a inclinação do terreno, onde é feita a escolha por áreas com o mínimo de declividade, a observação da existência de árvores verdes, mesmo em períodos de estiagem, a escolha do local mais estreito entre as ombreiras para localizar a parede e os resultados de sondagem para verificação da profundidade do solo, são parâmetros a serem considerados para a escolha do local de instalação da barragem subterrânea.

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo entender os parâmetros relacionados a implantação da tecnologia das barragens subterrâneas por meio da avaliação de fatores como o relevo, a topografia, o solo, as variáveis hidrológicas em microbacias hidrográficas representativas do estado no Rio Grande do Norte-RN.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM

De acordo com o IBGE (2010) o Nordeste do Brasil ocupa uma área de 1,8 milhões de km², com uma população de 53,08 milhões de habitantes, distribuída em nove estados. No quadro nacional, esses números representam 18% do território nacional e 28% da população (IBGE 2010). Aproximadamente 60% desta região é caracterizada como semiárida, o conhecido Polígono das Secas, que atinge oito dos nove estados nordestinos (Andrade, 1999). Nesta região, a maioria dos produtores depende da agricultura de subsistência que apresenta no seu processo produtivo características predominantes de agricultura familiar baseada na oferta de chuva, no extrativismo dos recursos naturais, no capital financeiro limitado e no pouco uso de tecnologias, comprometendo, a médio e longo prazo a sustentabilidade da exploração agrícola (Porto et al., 1999).

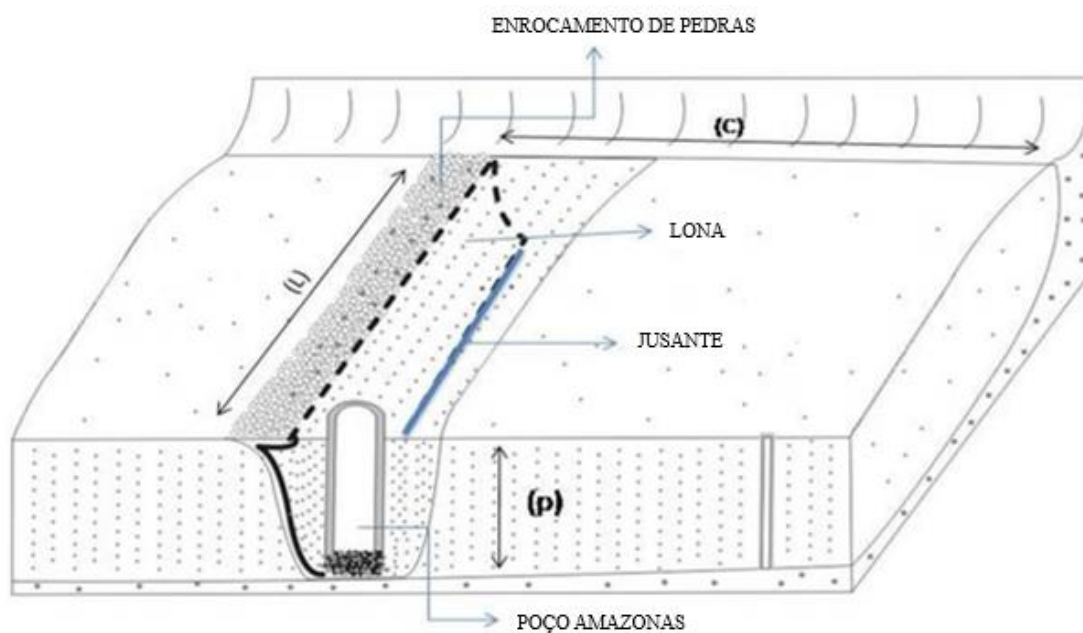
Devido à falta de regularidade das chuvas na região semiárida, os agricultores enfrentam constantes riscos de perdas totais ou parciais de suas lavouras. Com isso, afim de vencer tais limitações, é imprescindível que sejam criados meios para aumentar a eficiência do aproveitamento das chuvas que caem nas unidades de produção da região. O aumento da eficiência hídrica pode ser conseguido pela combinação do uso de técnicas para captação da água, bem como, a escolha dos cultivos adequadas a baixa exigência hídrica (NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008).

O escoamento da água superficial dos rios depende da intensidade e frequência das precipitações e vai perdendo volume quando o período de chuvas cessa, por sua vez, o escoamento subterrâneo permanece. A viabilidade do projeto de uma barragem subterrânea tem como base características, o fato de possuir uma facilidade de implantação nos mais diversos ambientes, facilidade de replicação, baixo custo de execução e manutenção da obra e a facilidade da apropriação pelos beneficiários (LIMA et al., 2013).

Para a exploração racional desse recurso hídrico é necessário que o proprietário encontre o melhor caminho para uma utilização mais eficiente da barragem subterrânea, sendo inicialmente um ponto importante a sua necessidade atual, bem como, a área que o mesmo tem disponível para a execução desse recurso.

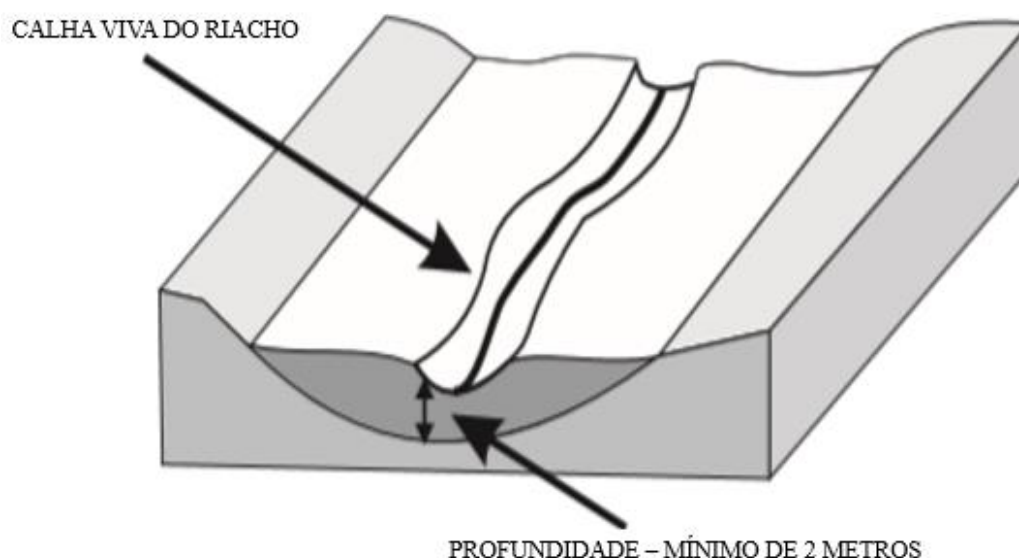
A quantidade do acumulo de água na barragem subterrânea é diretamente proporcional a profundidade do seu barramento e sua largura (Figura 1), sendo que a capacidade de retenção de água se baseia no ponto mais baixo do riacho denominada de calha viva (Figura 2), após o período de chuvas ocorre uma redução gradativa do manancial, sendo através da coleta de água ou pela evaporação ou pela transpiração das plantas, em diversas profundidades a água pode ser aproveitada, sendo assim, temos no lençol freático interrompido pelo obstáculo a água livre, dependendo da textura do sedimento, o princípio de capilaridade permite que a água abasteça o sistema radicular mais profundo como por exemplo as plantas forrageiras, e nos momentos de maior teor de umidade, pode ser garantido de um a dois ciclos de culturas anuais como os de feijão e milho (NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008).

Figura 1 - Ilustração da barragem subterrânea



Fonte: Sobral et al. (2010)

Figura 2 - Calha viva



Fonte: Nascimento et al. (2008)

A discussão sobre a conceituação desta tecnologia é iniciada pela análise da evolução histórica do uso semântico desse termo. De acordo com Santos & Fragipani (1978), o uso da denominação “barragem submersa” refere-se a tecnologia de interceptação do fluxo subterrâneo em rios e riachos intermitentes no semiárido. Corroborando com essa assertiva, o decreto Federal 9.256 de 28.12.1911, que criou a Inspetoria de Obras Contra a Seca traz na sua finalidade quinta, a explicitação clara do termo “barragens submersas”.

[...] Art. 1º Continuarão a cargo da repartição federal denominada Inspetoria de Obras Contra as Secas os serviços relativos aos estudos e obras contra os efeitos das secas que assolam alguns Estados do Brasil, compreendidos entre o Piauí e o norte de Minas Gerais... Art. 2º Os serviços de estudos e obras destinados a prevenir e atenuar os efeitos das secas, de que trata o artigo precedente, são os seguintes:.

V. Barragens submersas e outras obras destinadas a modificar o regime torrencial dos cursos de água [...]

Segundo Silva et al. (2005) a barragem subterrânea é uma obra hidro ambiental que se insere nesse contexto descrito. O seu uso busca suprir as demandas hídricas para consumo humano, animal e agrícola, especialmente em regiões árida e semiárida. Essa tecnologia de captação de água é bastante difundida no semiárido do Brasil e em países

da África e Ásia, como Mali (FORZIERE et al., 2008), Kênya (ERTSEN & HUT, 2008; QUILIS et al., 2008), Turquia (APAYDIN, 2009) e Arábia Saudita (EL-HAMES, 2011).

A barragem subterrânea passou a ser uma alternativa viável quando locada em ambiente que atenda os parâmetros técnicos de construção e de manejo dos recursos solo e água. As experiências com barragem subterrânea no Nordeste brasileiro começaram no início da década de 80 pela Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE. Paralelamente, na mesma década um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco, também começou estudos com essa recente tecnologia (SOLOS, 2007).

Estudos sobre a caracterização dos meios físicos no qual a barragem deve pertencer é imprescindível, tais como os aspectos climáticos e hidrogeológicos, já que a região semiárida nordestina possui um regime de chuvas mal distribuída, sendo a pluviometria anual média numa faixa de 930 mm, sendo que em alguns locais essa média pode chegar a 250 mm. Os solos são poucos desenvolvidos, rasos e pedregosos, com baixa capacidade para armazenamento de água. Já o relevo é em sua maioria suave, tendo destaques em áreas acidentadas que por sua vez condicionam a formação de microclimas.

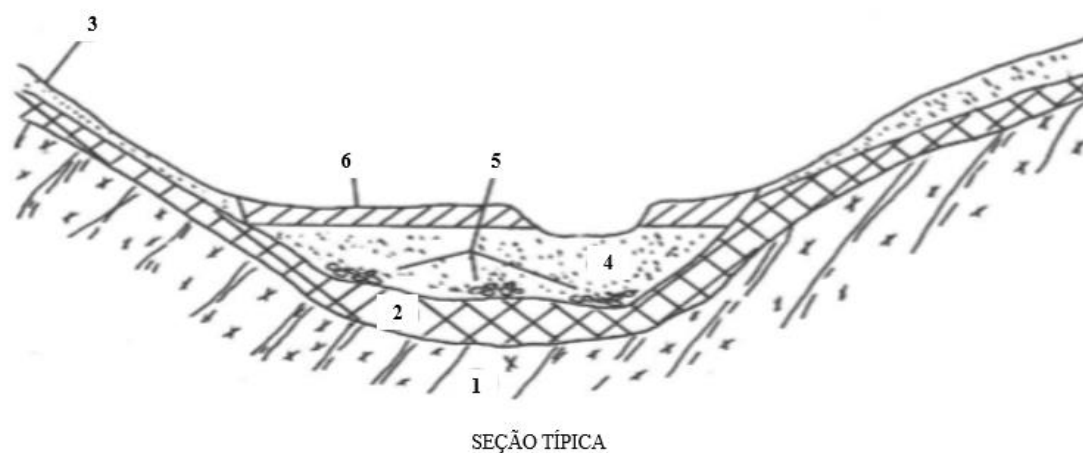
De acordo com Monteiro (2008), alguns elementos de projetos que são utilizados para uma execução ideal do projeto, são: as investigações geotécnicas e a capacidade de armazenamento. As investigações geotécnicas não acontecem apenas no eixo da barragem, o plano de investigação abrange também a bacia de acumulação a fim de determinar a capacidade que o aluvião tem de armazenamento. A aplicação dos métodos de investigação baseia-se nas características geológicas e topográficas do local, as sondagens devem ser distribuídas pela área a ser estudada, permitindo assim o mapeamento geológico das camadas do aluvião, bem como, a profundidade atual do nível freático. Sendo assim as amostras de solos que são recolhidas no local, são encaminhadas ao laboratório para que os seguintes elementos sejam determinados: granulometria, porosidade, permeabilidade, para o solo e cor, turbidez, pH, alcalinidade, dureza, sais envolvidos e sólidos totais para a água (MONTEIRO, 2008).

Ao fim das investigações geotécnicas, deve-se obter resultados como: a localização do eixo da barragem, determinando o perfil rochoso para o assentamento da fundação, estratigrafia, espessura e distribuição do aluvião, avaliação da capacidade de armazenamento de água, exame de qualidade da água e a definição do tipo de material a ser empregado no diafragma. Com referência a capacidade de armazenamento, temos que a capacidade mínima requerida de um aquífero artificial é dimensionada de acordo com o consumo mínimo diário de água e também do período crítico de seca. Com isso, temos

que o atendimento da demanda de água para o consumo humano na zona rural do semiárido nordestino deve ser no mínimo 50 litros/habitantes/dia (MONTEIRO, 2008).

Os aspetos hidrogeológicos mostram que a água subterrânea é encontrada nas formações sedimentares e aluviões dos rios, sendo apenas o fluxo subterrâneo contínuo durante o ano. Os depósitos aluviais são unidades de captação e acumulação de água comuns em bacias que possuem sua base cristalina, como pode-se observar na Figura 3, o terraço aluvionar constituído de areias finas com pequenas quantidades de silte e argila. Na região da calha, encontra-se os sedimentos grosseiros (areia grossa e cascalho) que vão dos terraços ao embasamento rochoso (MONTEIRO, 2008).

Figura 3 - Camada dos solos



- 1 – GNAISSE ALTERADO
- 2 – SOLO RESIDUAL JOVEM
- 3 – SOLO RESIDUAL MADURO
- 4 – SEDIMENTOS GROSSEIROS DEPOSITADOS NA CALHA
- 5 – LENTES DE PEDREGULHOS
- 6 – SEDIMENTOS FINOS DEPOSITADOS NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO

Fonte: Monteiro (2008)

Um outro ponto importante que necessita de estudos para que se consiga uma maior eficiência, é o manejo do solo. Logo após as primeiras chuvas, as áreas de plantio ficam bastante úmidas, fora da condição de umidade que são recomendadas para o preparo do solo, e quando esta condição é atingida, já se tem perdido bastante umidade pela evaporação, o a mesma foi consumida pelas ervas daninhas que germinam, resultando assim um prejuízo na interação solo-água-planta nos sistemas de cultivos que são explorados em barragens subterrâneas. Desse modo, o desenvolvimento de técnicas para adequação e adaptação para o manejo dos solos úmidos é de extrema importância,

visando assim o rendimento operacional no preparo destes, e com isso, ocorrendo o aproveitamento máximo da água, que ficará por um período maior de tempo disponível à ser explorada pelos agricultores dentro da área de plantio da barragem (BRITO et al., 2005).

A exploração de culturas no leito dos rios sempre estará sujeita a inundações temporárias, sendo assim, saber explorar este ambiente é de extrema importância, para que não haja frustração nos objetivos. Baracuh et al (2001), relata o bom desempenho de produção agrícola explorando culturas como sogro forrageiro, capim elefante e milho/feijão, mesmo no período chuvoso, ocorrendo 0 mm de chuvas durante o mês de maio, considerado o ápice esperado de chuvas para o local (Caturité - PB), isto só é possível reconhecendo as potencialidades de uso correto, tento em demanda de água da cultura, quanto a profundidade do sistema radicular da planta, para culturas como feijão e o milho, a zona radicular pequena só é beneficiada enquanto as chuvas então ocorrendo e a água disponível se encontra em faixas da camada em torno de 50 cm, mesmo não ocorrendo chuvas por um mês, mas o excesso de infiltração de água para a barragem durante as enxurradas posteriores, permite que a cultura não “sofra” stress a ponto de perder a produção agrícola desejada.

A própria água também merece atenção especial dentro do estudo da barragem subterrânea. O conceito de uma barragem subterrânea é a criação ou elevação de um lençol freático, no mais, não há dados na literatura que indiquem o quanto o lençol se elevou após a instalação da barragem em determinadas condições edafoclimáticas nas diferentes propriedades. A salinidade é outro ponto a ser estudado, sabendo que quando não há renovação da água no perfil do solo ocorre a ascensão dos sais, o que pode levar a comprometer toda barragem quando não se adota na construção, maneiras de renovar a água acumulada.

As opções tecnológicas geradas para o convívio com a seca são pouco divulgadas. No Nordeste existe aproximadamente 1000 barragens subterrâneas instaladas, umas funcionando muito bem e outras sendo subutilizadas. As causas do sucesso ou não ainda são uma grande interrogação. Estas causas podem estar relacionadas a aspectos construtivos e, principalmente, a problemas relacionados ao manejo de solo, água e planta ou a questões culturais, devido à falta de conhecimento pelo agricultor do funcionamento da barragem subterrânea que, diferentemente das barragens superficiais, tem como princípio o armazenamento da água no perfil do solo. (BRITO et al., 2005).

Considerando a importância da exploração agrícola socioeconômica nas áreas dependente de chuvas, é necessário um trabalho em conjunto com agricultores, empresas públicas e privadas, agentes financiadores, ONG's e políticos da região para um eficiente processo de irradiação de transferência de tecnologia. Uma forma simples que auxiliará tanto na transferência como na sensibilização socioeconômica do agricultor é a utilização do modelo participativo, onde o agricultor juntamente com os técnicos forma os “múltiplos atores” que vão avaliar as condições locais e identificar as respectivas demandas (BRITO et al., 2005).

Para realização do processo de construção da barragem subterrânea deve-se selecionar áreas que sejam em leitos de rios, riachos ou em linhas de drenagens naturais, tendo preferência por solos de textura média a grossa que possuam a sua profundidade da camada impermeável entre 3 e 4 metros. Após o processo de localização, é necessário a abertura de trincheiras no solo, afim de determinar sua profundidade e confirmar a existência de um lençol freático naquele local. Em seguida é iniciado o processo de escavação da vala (Figura 4) que servirá para colocar a lona impermeabilizante afim de barrar o fluxo de água no solo, é preciso que a vala alcance a rocha impermeável. É aconselhável que haja um enroscamento de pedras, afim de aumentar o tempo de retenção da lâmina de água por ocorrência de precipitações (BRITO et al, 1999).

Figura 4 - Abertura da vala à esquerda e a colocação da lona para o barramento



Fonte: Costa (1981)

Para que haja uma melhor fixação da lona é recomendável que seja feito uma espécie de reboco, utilizando argila e água, no qual servirá para evitar perfurações por meio de raízes ou pedras no processo de fechamento da vala. É necessário que haja um cuidado no processo de colocação da lona, para que não ocorra uma tensão, evitando

assim a sua dilatação ou perfuração. Caso ocorra é recomendado fazer um remendo com a própria lona usando uma cola especial (BRITO et al, 1999).

As barragens subterrâneas trazem vantagens como: a sua alta resistência a evaporação e a contaminação do recurso hídrico por poluente, visto que, a mesma encontra-se protegida por uma camada de solo, não há problemas com o processo de assoreamento e ocupação do solo, por serem subterrâneas e não inundar nenhuma área do terreno e possuem um baixo custo de instalação. Como desvantagens, temos: a quantidade de água, que por depender da área abaixo do solo é limitada, e não é possível a sua exposição para consumo animal, tal exposição é feita por um poço amazonas (SOBRAL et al., 2010).

Quanto a desvantagem da quantidade do acúmulo de água limitado, pode-se realizar um sistema integrado entre algumas barragens sucessivas, afim de minimizar o problema. Para que haja uma obstrução parcial do fluxo da lâmina de água e dos solos carregados em riachos temporários, é aconselhável a criação de um barramento com pneus conhecido como bapucosa (Figura 5). O bapucosa é responsável também por manter a umidade adequada em períodos de chuvas irregulares, tal umidade garantirá uma produção agrícola de culturas anuais, além de favorecer o aumento de matéria orgânica no ambiente, que ocorre por meio da sedimentação gradativa das partículas de solo. Esse barramento tem resultados positivos principalmente em aluviões argilosos, em que a infiltração da água no solo não é o suficiente para acumular a água no interior das barragens subterrâneas (Costa, 1997).

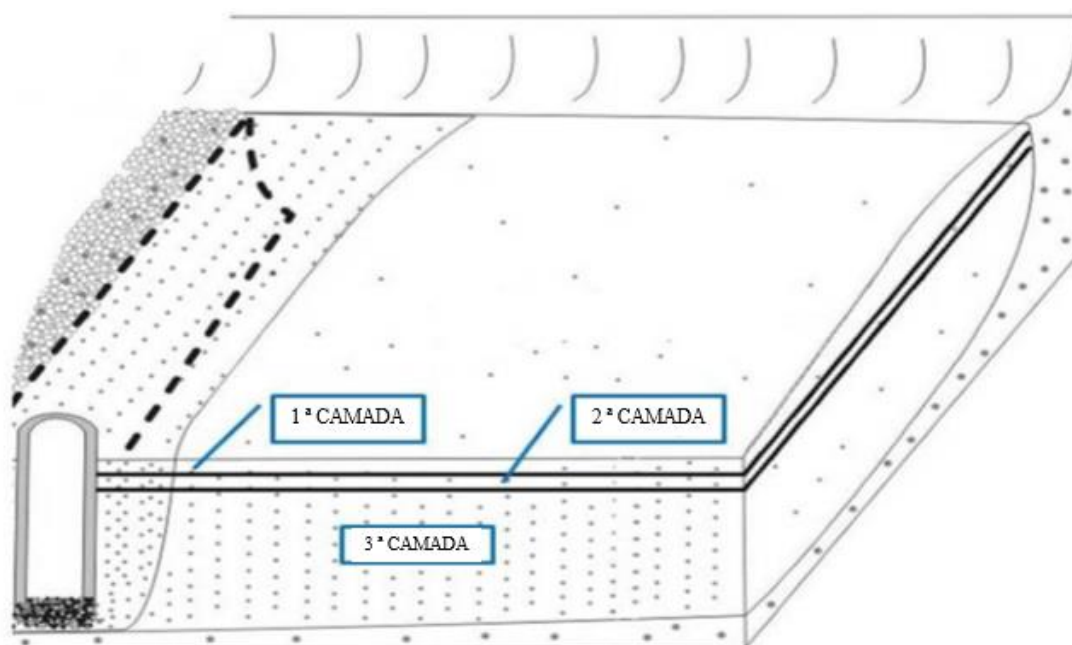
Figura 5 - Bapucosa



Fonte: Monteiro (2008)

Podemos considerar que a barragem subterrânea possui três camadas (Figura 6), a primeira camada recebe maior incidência solar fazendo com que a água presente na mesma evapore com mais facilidade, na segunda camada, por ter um contato com a primeira, a temperatura pode ser transferida por meio de condução do calor. A terceira camada retém mais água, por sofrer menos influência da solarização. A água presente em uma camada só começa a evaporar quando a água da camada anterior já tem evaporado totalmente, o que dificulta esse processo nos dias que há precipitação de chuva, pois ocorre a recarga no lençol freático (SOBRAL et al., 2010).

Figura 6 - Camadas do solo



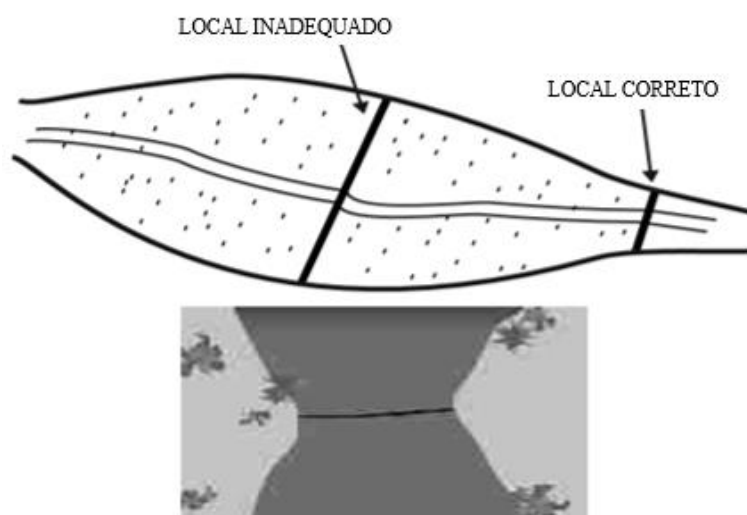
Fonte: Sobral et al. (2010)

A locação do eixo provável da barragem é feita após a escolha do local para o barramento, com base no levantamento planialtimétrico da área, em quadrículas de 20 m por 20 m, que define o contorno da bacia hidrográfica, a declividade do terreno natural que dá origem a rede de drenagem do riacho bem como a geometria superficial do depósito aluvial. A confirmação do eixo da barragem será feita posteriormente pelos estudos de sondagem.

O processo de sondagem permite determinar a espessura do depósito aluvial, a morfologia deste depósito, a classificação do solo que o constitui, sua porosidade,

coeficiente de permeabilidade, o nível em que o lençol freático se encontra e o qual perfil do solo no local do eixo escolhido para a locação do barramento. Além disto, é necessário escolher locais onde a largura do riacho seja menor como forma de economizar material na construção, como indica a figura a seguir (NASCIMENTO, JOSÉ WALLACE BARBOSA; AZEVEDO, MARLUCE ARAÚJO; FARIAS, 2008).

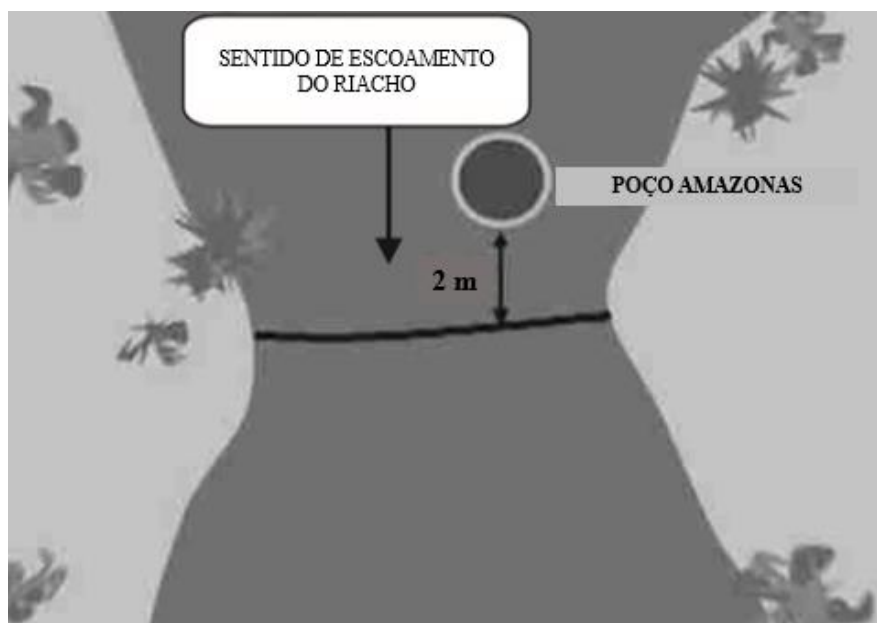
Figura 7 - Ilustração do local correto para execução do projeto



Fonte: Nascimento et al. (2008)

Para o processo de construção do poço amazonas, que servirá para a retirada da água na barragem subterrânea, é necessário seguir alguns parâmetros. De início a marcação do local onde o poço deverá ficar é no mínimo a 2 metros da vala da barragem (Figura 8), tendo a opção de ser deslocado para um trecho mais alto afim de evitar a calha do riacho e livrar dos impactos pela correnteza (NASCIMENTO; AZEVEDO; FARIAS, 2008).

Figura 8 - Localização do poço amazonas de acordo com o sentido do fluxo de água



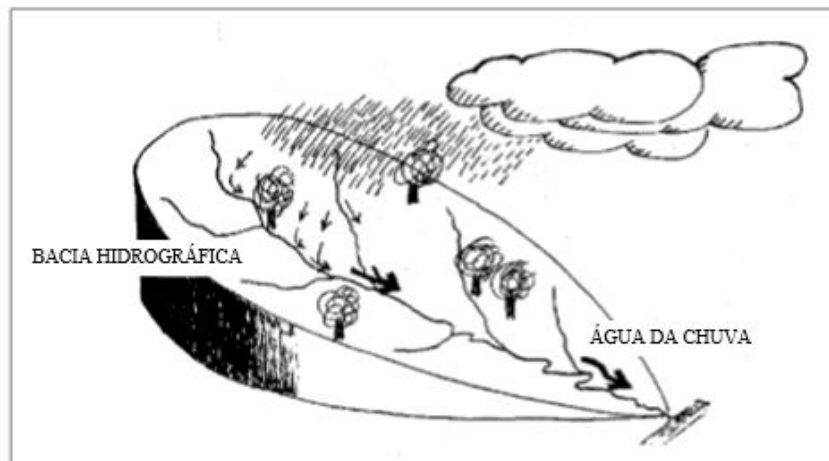
Fonte: Monteiro (2008)

2.2 CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS E MICROBACIAS

Pode-se definir que uma bacia ou microbacia hidrográfica é a área ou região que serve para drenagem de um rio principal e os seus afluentes. Sendo assim, é a porção delimitada do espaço em que as águas das chuvas, das montanhas, subterrâneas ou de outros rios escoam em uma única direção, a um determinado curso d'água afim de abastecer-lo. Esse ponto para onde eles convergem é chamado de exutório.

A formação da bacia microbacia hidrográfica dá-se através dos desníveis dos terrenos que direcionam os cursos da água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas, como é representado na figura a seguir. É uma área geográfica e, como tal, mede-se em km². A bacia microbacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Ela pode ser definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes (ANA, 2009).

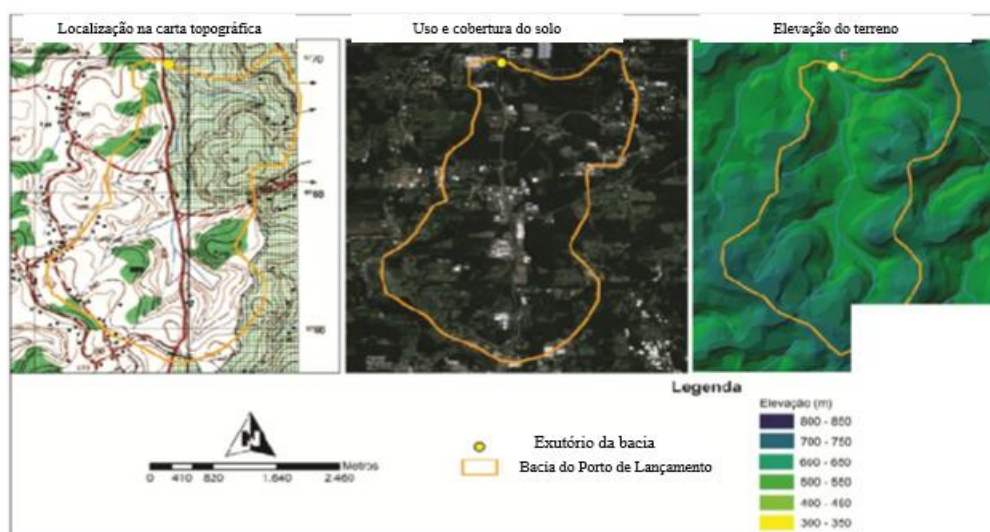
Figura 9 - Bacia hidrográfica



Fonte: ANA (2009)

É importante, portanto, ter consciência de que, ao andarmos pelas ruas ou em uma mata, por exemplo, estamos andando necessariamente sobre a área de uma bacia hidrográfica, pois as águas que eventualmente escoam nesses locais tendem a se direcionar para um rio. Com isso, uma bacia hidrográfica é composta por um conjunto de superfícies vertentes constituídas pela superfície do solo e de uma rede de drenagem formada pelos cursos da água que confluem até chegar a um leito único no ponto de saída. Na figura abaixo pode-se visualizar uma delimitação de microbacia hidrográfica a partir de carta do exército e de modelo digital de elevação (FLINKLER, 2014).

Figura 10 - Microbacia hidrográfica



Fonte: Finkler, R (2014)

Para a delimitação manual das bacias ou microbacias hidrográficas pode-se seguir as etapas indicadas por (SPERLING, 2007), de acordo com a figura apresentada na sequência (Figura 11).

Figura 11 - Exutório



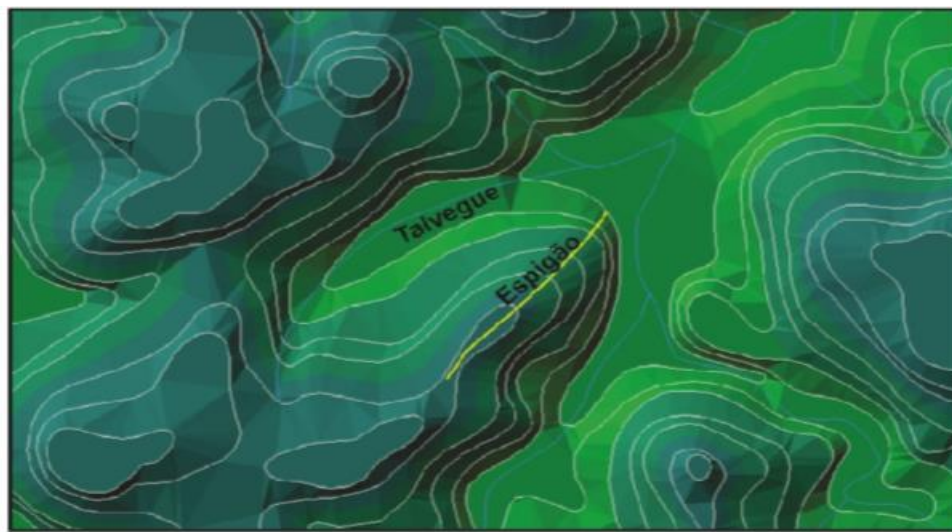
Fonte: Finkler, R (2014)

1. Para início, devemos escolher o ponto inicial, conhecido como exutório, a partir do qual será feita a delimitação da bacia. O exutório fica situado na parte mais baixa do trecho do curso d'água principal (SPERLING, 2007).
2. É necessário reforçar a marcação do curso por onde a água irá percorrer, tanto para o rio principal, quanto dos que escoam para o mesmo (SPERLING, 2007).
3. A delimitação da bacia ou microbacia hidrográfica inicia a partir do eixo exutório, conectando os pontos mais elevados que foram marcados anteriormente, tendo por base as curvas de nível. Sendo assim, o limite da bacia circunda todos os pontos mais elevados de acordo com as curvas de níveis (SPERLING, 2007).
4. Nos topos dos morros é necessário que verifique para que lado as chuvas caem, de modo que seja confirmado que estejam indo em direção ao curso em estudo. Caso a inclinação esteja para outra direção, o volume de água pertencerá a outra bacia ou microbacia hidrográfica (SPERLING, 2007).

5. Afim de facilitar a delimitação dos limites, deve-se diferenciar os talwegues dos divisores de águas. Os talwegues são depressões que são representados graficamente onde as curvas de níveis apresenta a sua curvatura no sentido contrário ao da inclinação do terreno, sendo indicado que em tais locais ocorrem uma concentração de escoamento. Já os divisores de águas podem ser representados pelo inverso de um talvegue, sendo assim, a sua curvatura é voltada para o sentido da inclinação do terreno (SPERLING, 2007).

Pode ser observado na figura abaixo a representação do modelo digital de elevação (MDE) que foi obtido através das curvas de níveis apresentadas, no qual pode-se identificar as feições de talvegue que foi demarcado pela própria drenagem e o divisor de águas demarcado pela linha amarela que separa o escoamento (espigão), podendo ser observado na figura abaixo.

Figura 12 - Exutório



Fonte: Finkler, R (2014)

Para a finalizar a demarcação da bacia ou microbacia hidrográfica, o ponto final deve retornar ao ponto inicial definido como exutório (Figura 13).

Figura 13 -- Exutório



Fonte: Finkler, R (2014)

Nos dias de hoje o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de acordo com a Resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003, secciona o Brasil em 12 grandes regiões hidrográficas. Tendo uma definição diferente das bacias hidrográficas, sendo que as mesmas podem chegar a ultrapassar as fronteiras nacionais, já as regiões hidrográficas estão restritas apenas ao território brasileiro, como mostra a figura abaixo.

Figura 14 - Regiões hidrográficas



Fonte: Imagens Google (2020)

Como é observado no mapa acima, o território brasileiro é dividido em 12 regiões hidrográficas, das quais são elas:

- Região Hidrográfica Amazônica: constituída pela bacia hidrográfica do Amazonas, sendo esta a mais extensa rede hidrográfica da Terra. Sua nascente localiza-se nos Andes Peruanos e sua foz, no Oceano Atlântico. É uma bacia hidrográfica que se estende pelo Brasil (63%), Peru (17%), Bolívia (11%), Colômbia (5,8%), Equador (2,2%), Venezuela (0,7%) e Guiana (0,2%). Segundo a Agência Nacional das Águas, as maiores demandas de uso ocorrem nas sub-bacias dos rios Madeira, Tapajós e Negro e seu principal uso é a irrigação (ANA, 2009).
- Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia: esta região abrange os estados de Goiás (26,8%), Tocantins (34,2%), Pará (20,8%), Maranhão (3,8%), Mato Grosso (14,3%) e Distrito Federal (0,1%). Sua maior demanda de uso é irrigação, correspondendo a 66% do total (ANA, 2009).
- Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental: situada no Maranhão e Pará, sua principal demanda de uso está relacionada com consumo humano, 64% do total (ANA, 2009).
- Região Hidrográfica do Paraíba: segunda região mais importante do Nordeste, ocupa os estados do Piauí (99%), Maranhão (19%) e Ceará (10%) (ANA, 2009).
- Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental: região que se estende pelos estados do Ceará (46%), Rio Grande do Norte (19%), Paraíba (20%), Pernambuco (10%), Alagoas (5%) e Piauí (1%). Nesta região hidrográfica pode-se observar uma evolução da ação antrópica sobre a vegetação nativa, bastante significativa (ANA, 2009).
- Região Hidrográfica do São Francisco: abrange os estados da Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, e Goiás, e também o Distrito Federal. Esta região possui a maior quantidade e diversidade de peixes de água doce da região Nordeste (ANA, 2009).
- Região hidrográfica do Atlântico Leste: região que ocupa os estados da Bahia (66,8%), Minas Gerais (26,2%), Sergipe (3,8%) e Espírito Santo (3,2%) (ANA, 2009).
- Região Hidrográfica do Paraguai: inclui a região do Pantanal, que é uma das maiores extensões úmidas contínuas da Terra. Abrange os países de Brasil (33%), Argentina, Bolívia e Paraguai (ANA, 2009).
- Região Hidrográfica do Paraná: é a região com o maior desenvolvimento econômico do Brasil. Esta região se estende pelos estados de São Paulo (25%), Paraná

(21%), Mato Grosso do Sul (20%), Minas Gerais (18%), Goiás (14%), Santa Catarina (1,5%) e Distrito Federal (0,5%) (ANA, 2009).

- Região Hidrográfica do Sudeste: sua característica social principal é a elevada concentração populacional e a presença de indústrias em seu território. Seus principais rios são o Paraíba do Sul e o Doce (ANA, 2009).
- Bacia Hidrográfica do Uruguai: ocupa os territórios do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Esta região tem importância devido às atividades de agroindústria e o potencial hidrelétrico (ANA, 2009).
- Região Hidrográfica do Atlântico Sul: abrange 4 estados da União, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Caracteriza-se pela importância no turismo e desenvolvimento econômico (ANA, 2009).

2.3 CARACTERIZAÇÃO FISIOMORFOLÓGICAS OU FLUVIOMORFOLÓGICAS

De acordo com a ANA (2009), as bacias podem ser caracterizadas por sua fisiografia ou fluviomorfologia, que são os dados que podem ser extraídos através de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite e as áreas, comprimentos, declividade, cobertura do solo que são obtidos diretamente ou expresso por seus índices, respectivamente.

Dentre as características e índices, podemos apresentar: a área da bacia, o comprimento do rio principal, perfil longitudinal, a declividade, o índice de forma, a densidade, tempo de concentração e a hierarquização fluvial.

2.3.1 Área da bacia

Fundamental para definir o potencial de geração de escoamento da bacia hidrográfica, uma vez que o seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia. É obtida através da projeção vertical da linha do divisor de águas sobre o plano horizontal (TUCCI, 2004). A área da bacia é expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²) e pode ser obtida por planimetragem de mapas ou por cálculos a partir de mapas digitalizados, utilizando ferramentas computacionais de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) (TUCCI, 2004).

2.3.2 Comprimento do rio principal (L)

É determinado a partir do perfil longitudinal do curso d'água medindo-se o comprimento do trecho entre a nascente mais distante e o ponto de interesse ou exutório (TUCCI, 2004).

2.3.3 Perfil longitudinal

Os perfis longitudinais são obtidos em mapas planialtimétricos e representam a variação de cotas ao longo do comprimento do rio principal (TUCCI, 2004).

2.3.4 Declividades

A declividade é muito importante para a modelagem do escoamento, uma vez que a velocidade de fluxo depende desta variável. Pode ser determinada por vários métodos. Em geral consiste na razão entre a diferença das altitudes dos pontos extremos de um curso d'água e o comprimento desse curso d'água, pode ser expressa em % ou m/m (PAIVA e PAIVA, 2001). A diferença entre a elevação máxima e a elevação mínima resulta na amplitude altimétrica da bacia. Esta é a maneira mais simples de se calcular a declividade, entretanto, para rios que percorrem relevos diferenciados é necessário fazer algumas correções.

2.3.4.1 Declividade do rio principal “S10/85”

Este método consiste na obtenção das altitudes a 10 e 85% do comprimento do rio até o ponto desejado, neste caso a estação fluviométrica. Portanto, são desprezados os trechos da nascente geralmente com declividades mais altas, e o trecho final, geralmente com declividades mais baixas (PAIVA e PAIVA, 2001).

Determinadas essas altitudes divide-se a diferença entre elas por 75% do comprimento do rio até a estação. Assim obtemos a declividade do trecho, onde valores elevados correspondem a ondas de cheias mais altas e rápidas (PAIVA e PAIVA, 2001).

2.3.4.2 Método da Declividade Média

É definida a partir do gráfico do perfil longitudinal do rio, onde se calcula a área do gráfico, obtendo-se um triângulo retângulo de área equivalente, de base igual ao

comprimento do curso d'água, ou seja, da nascente até o exutório (PAIVA e PAIVA, 2001).

O valor da declividade média do trecho considerado será, portanto, a inclinação da hipotenusa do triângulo retângulo encontrado.

2.3.5 Índices de forma

A forma de uma bacia hidrográfica também tem um papel importante no seu comportamento hidrológico. A partir do comparativo de bacias com características semelhantes, identificamos que as bacias com forma mais circular apresentam uma tendência de gerar picos de enchente mais elevados em relação às bacias alongadas (VILLELA e MATTOS, 1975).

Se as bacias circulares apresentarem diversas drenagens com comprimentos semelhantes, o percurso dos escoamentos é mais curto, gerando respostas mais rápidas e concentradas a eventos de chuva. Já as bacias mais alongadas, em geral apresentam um rio principal com diversos tributários menores, onde as águas têm que percorrer um caminho mais longo até o exutório. Assim, tendem a apresentar cheias mais distribuídas com menor vazão de pico (VILLELA e MATTOS, 1975).

A avaliação da forma de uma bacia é efetuada a partir do cálculo de índices que procuram relações com formas geométricas conhecidas. Dentre os métodos destaca-se fator de forma o índice de compacidade:

2.3.6 Fator de forma K_f

Corresponde à razão entre a área de bacia e o quadrado de seu comprimento axial medido ao longo do curso d'água principal do exutório à cabeceira mais distante (VILLELA e MATTOS, 1975).

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Coeficiente de forma ou compacidade (Índice de Gravelius) – k_c : é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo com a mesma área da bacia (VILLELA e MATTOS, 1975). É um número adimensional que varia de acordo com a forma da bacia; quanto maior o coeficiente, mais longa é a bacia. Quanto mais

próximo de 1, mais circular é a bacia e maior é a sua tendência a gerar enchentes rápidas e acentuadas (VILLELA e MATTOS, 1975). É definido pela seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \times P \times A^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Onde: P é o perímetro da bacia em km e A a área da bacia em km².

2.3.7 Densidade

A densidade de drenagem é um indicador do relevo superficial e das características geológicas da bacia. Este índice permite avaliar a eficácia de drenagem de uma bacia, ou seja, a eficiência na concentração do escoamento superficial no exutório da bacia (TUCCI, 2004).

Este parâmetro pode ser calculado em função do comprimento de todos os canais pela área da bacia ou a partir do número de confluências pela área da bacia (TUCCI, 2004).

DD: Densidade de drenagem (TUCCI, 2004):

$$DD = \frac{\sum L}{A} \quad (3)$$

Onde: L é o Comprimento de cada curso da água da bacia e A é a área da bacia.

Dc: Densidade de confluências (TUCCI, 2004):

$$D_c = \frac{N_c}{A} \quad (4)$$

Onde: N_c é o número total de confluências e A área da bacia.

A densidade de drenagem varia de acordo com a escala do mapa no qual é levantada, portanto deve-se utilizar sempre a mesma escala para o comparativo entre bacias.

Conforme a ANA 2009, é perceptível que quanto maior a densidade de drenagem, maior a capacidade da bacia de fazer escoamentos de forma rápida no exutório, bem como

deflúvios de estiagem baixos. É um parâmetro utilizado para pré-avaliação em estudos de regionalização ou transposição de dados hidrológicos entre bacias de uma região, pois permite avaliar a semelhanças de escoamento entre bacias hidrográficas de tamanhos diferentes.

2.3.8 Tempo de concentração

É o tempo que a água leva para percorrer desde o ponto mais distante da bacia até o exutório. Quando se conhece bem a relação precipitação-vazão é mais fácil de calcular o tempo de concentração. Na ausência destes dados podem ser aplicadas fórmulas empíricas respeitando-se suas limitações. Dentre estas se destacam: (ANA, 2009).

Kirpich: é uma das equações mais utilizadas, desenvolvida a partir de estudos em bacias rurais com áreas inferiores a 0,5 km². Para comprimentos superiores a 10 km, a fórmula parece subestimar o valor de t_c (TUCCI, 1995). É definido pela seguinte equação:

$$T_c = 57 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (5)$$

Onde: L – comprimento do talvegue (Km) (comprimento do rio acrescido da distância da nascente principal ao divisor de águas). S – Declividade do talvegue.

Fórmula da onda cinemática: desenvolvida a partir de equações de onda cinemática em pequenas bacias (SCS apud PAIVA e PAIVA, 2001).

$$T_c = 3504 \times (n \times L)^{0,6} \times S^{-0,3} \times I^{-0,4} \quad (6)$$

Onde: L – comprimento do talvegue (Km) (comprimento do rio acrescido da distância da nascente principal ao divisor de águas), n – coeficiente de rugosidade de Maning, I – Intensidade da Chuva em mm/h, S – declividade do talvegue m/km.

2.3.9 Hierarquização Fluvial

A rede fluvial de drenagem de uma bacia hidrográfica pode ser classificada segundo uma hierarquia, sendo a mais utilizada a de Horton modificada por Strahler (TUCCI, 2004). A hierarquização de Horton apresenta uma lógica bem definida, o que possibilita o ordenamento automatizado a partir de programas computacionais de GIS. Este sistema de ordenamento tem o seguinte princípio (TUCCI, 2004):

1. Canais de primeira ordem são os menores identificáveis caracterizados por drenagens intermitentes;
2. Canais de segunda ordem são formados pela confluência de dois canais de primeira ordem, esta lógica é aplicada para as demais, onde a confluência de dois canais de ordem i resulta em um canal de ordem $i+1$ a jusante;
3. Onde um canal de ordem menor encontrar um de ordem maior, o canal a jusante mantém a maior das duas ordens;
4. A ordem da bacia hidrográfica é designada como a ordem do rio que passa pelo exutório.

2.4 TIPOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Há três tipos de bacias hidrográficas as representativas, elementares e as experimentais.

- **Bacias Representativas:** são bacias instrumentadas com aparelhos de observação e registro de fenômenos hidrológicos que representam bacias situadas em uma mesma região homogênea. Apresentam extensões de 1 a 250 km². Em geral essas bacias são instrumentadas para obtenção de dados típicos de uma região homogênea a que pertencem, permitindo a fundamentação de estudos que resultam em um melhor conhecimento dos processos hidrológicos atuantes. A observação dessas bacias deve ser realizada por longos períodos de tempo, preferencialmente superiores a 30 anos, que posteriormente devem ser avaliados em conjunto com estudos climáticos, pedológicos, geológicos e hidrogeológicos (PAIVA e PAIVA, 2001).

- **Bacias Elementares:** são bacias de pequena ordem, que constituem a menor unidade geomorfológica onde podem ocorrer todos os processos elementares do ciclo hidrológico. Em geral, apresentam tamanho de até 5 km² (PAIVA e PAIVA, 2001).

- **Bacias Experimentais:** são bacias relativamente homogêneas no que se refere à cobertura do solo. Possuem características físicas relativamente uniformes, com área menor do que 4 km², onde são realizados estudos detalhados do ciclo hidrológico (PAIVA e PAIVA, 2001). Em alguns casos são selecionadas bacias com algumas condições naturais alteradas para estudar seu efeito sobre o comportamento hidrológico, inferindo leis e demais relações.

3 METODOLOGIA

Foram analisadas um total de onze barragens subterrâneas situadas em cinco cidades norte-rio-grandenses, possuindo diferentes atributos e sendo situadas em microbacias hidrográficas distintas.[O1]

O presente trabalho foi realizado com o auxílio do software de geoprocessamento Quantum GIS (QGis), na versão 3.4. Tal ferramenta tem por finalidade a sobreposição de informações, que podem ser obtidas através de imagens de satélites, que nos fornece com relativa precisão, os modelos digitais de elevação (MDE) e gráficos vetoriais, que foram utilizados para delimitar o MDE e facilitar a obtenção das informações nas áreas específicas de estudo.

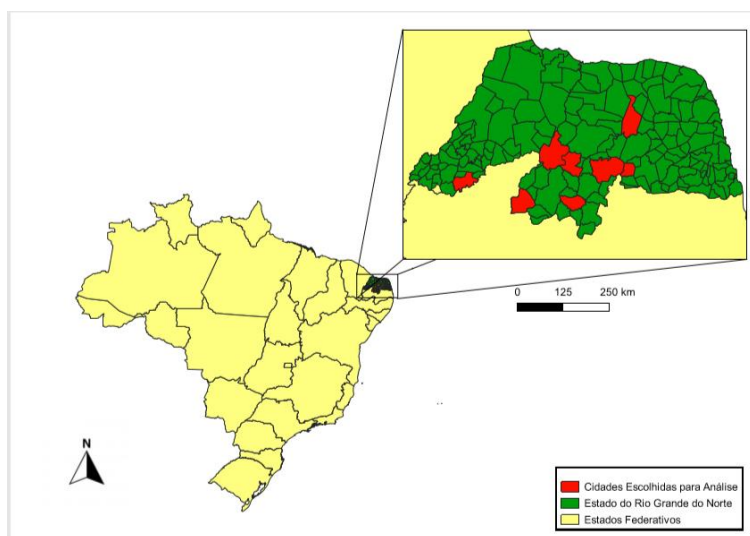
3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS

Para a obtenção dos modelos digitais de elevação com uma precisão significativa foi necessário utilizar o site da National Aeronautics and Space Administration (NASA), o Alos Palsar, onde por imagens de satélite pode-se adquirir as camadas raster, bem como, uma base sobre o relevo da região estudada.

As camadas raster em computação gráfica são matrizes que geralmente representa uma grade retangular de pixel ou pontos de cor, que são visualizadas através de monitores, papéis ou celulares. Já os gráficos vetoriais são geometrias com pontos, linhas, curvas e formas (polígonos) que são baseados em expressões matemáticas, que buscam representar as imagens em computação gráfica. Cada elemento vetorial possui posições definidas nos eixos X e Y do plano a ser trabalhado, podendo receber atributos como: cores, formas, espessuras e preenchimentos.

De início foram selecionadas cinco cidades norte-rio-grandenses das quais dispõe de barragens subterrâneas (Figura 15), os municípios escolhidos para estudo foram: Alexandria, Campo Redondo, Currais Novos, Jucurutu e Lajes. Quando selecionadas o passo seguinte foi conseguir os dados das camadas vetoriais que delimitam os municípios, tais dados estavam dispostos na plataforma do Forest-GIS na aba Download-GIS.

Figura 15 - Cidades norte-rio-grandenses escolhidas para análise



Fonte: Autoria própria 2020

A obtenção dos MDE's ocorreu através do site da Alos Palsar (plataforma da NASA). Os arquivos foram baixados no módulo de alta-resolução de terreno desenvolvido, afim de adquirir o maior número de detalhes sobre o relevo.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS CIDADES

De início foram adicionadas camadas vetoriais ao projeto. As mesmas continham os municípios brasileiros, sendo assim, houve a necessidade de “limpar” a mesma, afim de obter os municípios desejados. Após a exclusão das cidades indesejáveis foi adicionado a camada raster, sobrepondo a camada vetorial, resultando no corte do MDE.

Após a delimitação foi necessário que utilizasse uma coloração para que pudesse compreender melhor a forma de relevo das cidades tomadas para análise. Quando inserida a coloração, pode-se compreender quais partes poderiam ser classificadas como relevo suave, suave ondulado, ondulado, montanhoso e crítico montanhoso, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2008). [O2]

Para a execução do próximo passo foi preciso realizar a seguinte operação:

- 1- Verificar se o complemento GRASS está devidamente ativado;

- 2- Na barra “Processar”, sendo o penúltimo ícone superior, poderá ser ativado a caixa de ferramentas de processamento. Após a abertura, na barra de pesquisa, terá que ser digitado a função `r.watershed`;
- 3- Para o preenchimento do painel de parâmetros foi iniciado com o ícone Elevação, no qual foi selecionado a camada raster delimitada no limite dos municípios e por fim executar o processo. [O3]

O resultado desse processo foram camadas raster com regiões de bacias hidrográficas, direção de drenagem e os seguimentos de correntes.

Para finalizar o processo de investigação dos parâmetros analisados, foi realizado uma busca no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para obtenção da camada vetorial com a caracterização do solo do município.

O passo seguinte foi a plotagem dos pontos onde as barragens subterrâneas estão inseridas. De início foi necessário a utilização em conjunto do software Google Earth Pro e o site Ceres Cidadão, do qual disponibiliza dados de coordenadas, bem como fotos das barragens subterrâneas de todo o território nacional. A plataforma do site disponibilizou as coordenadas de latitude e longitude de onde as barragens subterrâneas encontram-se instaladas.

Para inserir os pontos no QGIS foi necessário que houvesse a transformação das coordenadas de graus, minutos e segundos, para a unidade universal transversa de mercator (UTM) sendo utilizado para tal conversão o Google Earth Pro. Por fim, os pontos foram inseridos em planilha eletrônica para que pudessem ser interpretados pelo QGIS, no ícone de adicionar camada de texto delimitada.

Após a sobreposição de todas as informações obtidas, pode-se realizar a busca pelos parâmetros que podem ter ocasionado o sucesso ou fracasso daquela barragem subterrânea. Tais variáveis analisadas foram: a área de contribuição da microbacia, relevo em que a mesma está situada, a declividade local, a região dos rios onde a barragem se encontra e a classificação dos solos.

Para obter resultados, foi optado por considerar o relevo plano e suave-ondulado como o ideal, variando a sua declividade varia entre 0 e 8%. A declividade até esse ponto é considerada ideal, visto que, a água escorrerá com menor velocidade facilitando a sua infiltração no subsolo, como também ocorrerá menos processo erosivo. Os parâmetros de

área de contribuição e a ordem dos rios foram analisadas de forma conjunta, já que os pontos onde as barragens estão instaladas influenciam diretamente no volume de água que será disposto a barragem. Como é observado no caso do município de Currais Novos, as barragens subterrâneas encontram-se instaladas em rios de segunda e terceira ordem, e ficam próximos do final da área da microbacia, possibilitando assim um maior acúmulo do volume de água disposto.

Quanto a questão dos solos, todas as barragens analisadas possuem um solo com uma boa capacidade de permeabilidade e fertilidade, sendo um ponto importante, visto que, a área sobre a barragem na maioria das vezes é utilizada para plantio. Os solos encontrados foram em sua maioria Luvissoles crômico órtico. Este solo possui um caráter eutrófico que favorece o enraizamento em profundidades permitindo a cultura de um maior número de plantas. Já no caso do Neossolo litólico eutrófico, esse solo apesar de possuir uma boa fertilidade é limitado por ser pouco profundo e possuir rochas, esses fatores limitam o crescimento radicular de certas culturas e elevam o risco de erosão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos parâmetros escolhidos para classificação da funcionalidade das barragens subterrâneas, os resultados obtidos possuem um caráter satisfatório, tomando como base a caracterização dos pontos selecionados para o estudo.

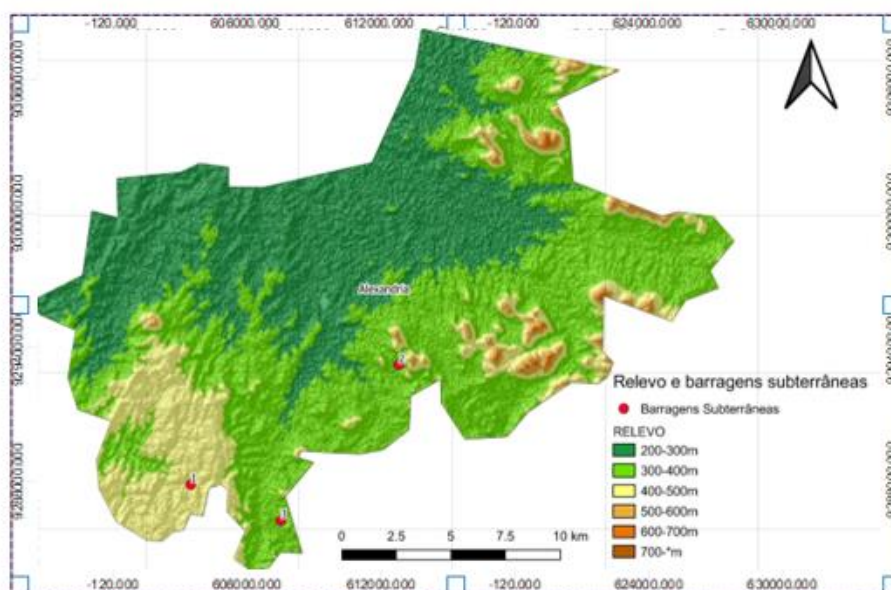
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ALEXANDRIA

Foram determinados os mapas hipsométrico, de microbacias hidrográficas, da região de rios e de solos do município de Alexandria, no qual se encontra-se localizado nas coordenadas de latitude: 6° 24' 15" Sul e longitude: 38° 0' 35" Oeste.

4.1.1 Relevo e declividade

Foram plotados três pontos onde encontram-se situadas as barragens subterrâneas a serem analisadas no município de Alexandria (Figura 16). Os pontos 1, 2 e 3 possuem coordenadas geográficas de latitude 6°26'28.22" Sul e longitude 38° 3'32.33" Oeste, latitude 6°23'33.62" Sul e longitude 37°58'22.43" Oeste, latitude 6°27'20.91" Sul e longitude 38° 1'18.21" Oeste, respectivamente.

Figura 16 - Mapa hipsométrico de Alexandria e a localização das barragens subterrâneas



Fonte: Autoria própria (2020)

Com relação ao relevo, deve-se optar por implantar a barragem subterrânea em um ponto no qual deverá possuir longitudinalmente uma inclinação o mais suave possível, afim de permitir que a água armazenada se estenda por uma maior distância[O4] (Nascimento et al. 2015). Ou seja, se o relevo for fortemente inclinado, a água irá acumular em uma área reduzida. Sendo assim, as barragens 2 e 3 são caracterizadas, de acordo com a sua declividade, como suave ondulado (declividade variando entre 3-8%) sendo mais propicias que as águas provenientes das precipitações que se infiltrem no subsolo. Já a barragem do ponto 1 encontra-se em um ponto onde o relevo é ondulado (declividade variando entre 8-20%), causando uma maior velocidade de escoamento da lâmina de água.

4.1.2 Bacias de contribuição

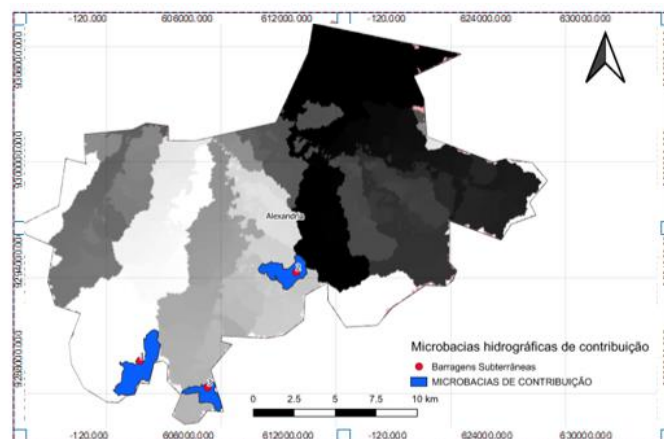
Com o auxílio do Quantum GIS, pôde-se observar a delimitação das microbacias de contribuição (Figura 17), as áreas de contribuição e o perímetro das microbacias em que as barragens estão inseridas (Tabela 1).

Tabela 1 - Área de contribuição e perímetro das microbacias

BACIAS	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (ha)	PERÍMETRO (km)
BACIA 1	299,77	10,03
BACIA 2	180,52	8,21
BACIA 3	466,37	13,06

Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 17 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Alexandria

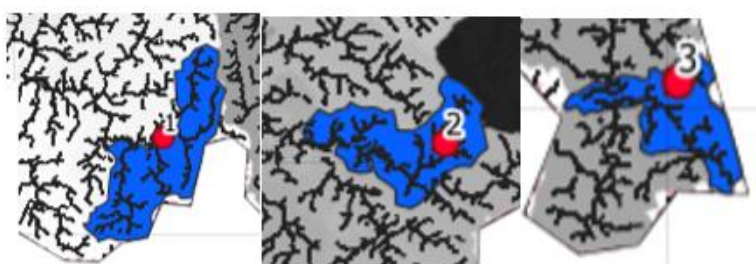


Fonte: Autoria própria (2020)

4.1.3 Região dos rios

Com as observações realizadas através dos mapas (Figura 18) com as regiões dos rios, foi constatado que as barragens subterrâneas 1 e 2 estão situadas em rios de terceira ordem, em consequência disso pode ser levado em consideração que o seu volume de água que abastecerá será maior que a barragem 3, visto que, a mesma se encontra em um rio de segunda ordem.

Figura 18 - Região dos rios



Fonte: Autoria própria (2020)

4.1.4 Classificação dos solos

Com o mapa de solos obtido através do site IBGE, foi realizado a caracterização conforme a estrutura granulométrica, observando parâmetros como a sua permeabilidade e a sua fertilidade. De acordo com a região da microbacia onde a barragem encontra-se instalada, foi determinado os seguintes solos, bem como a sua capacidade de infiltração:

Tabela 2 - Classificação dos solos

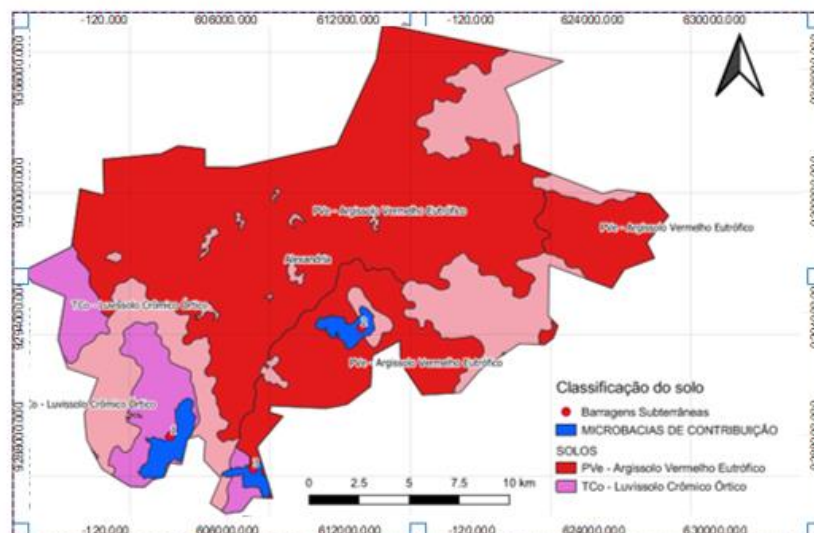
TIPO DE SOLO	PERMEABILIDADE	FERTILIDADE
Argissolo vermelho eutrófico	Alta	Alta
Luvissolo crômico órtico	Alta	Alta

Fonte: Autoria própria (2020)

Observando o mapa da figura 19, é constatado que a barragem subterrânea 1 encontra-se sobre o luvisolo crômico órtico, no qual possui uma boa permeabilidade e alta fertilidade, sendo um ponto positivo ao seu sucesso. Já as barragens 2 e 3 estão sobre o argissolo vermelho eutrófico, nos quais também se encontram com uma alta taxa de

sucesso[O5] (EMBRAPA, 2008), visto que os parâmetros analisados estão suscetíveis a tal.

Figura 19 - Mapa da classificação do solo no município de Alexandria



Fonte: Autoria própria (2020)

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO REDONDO

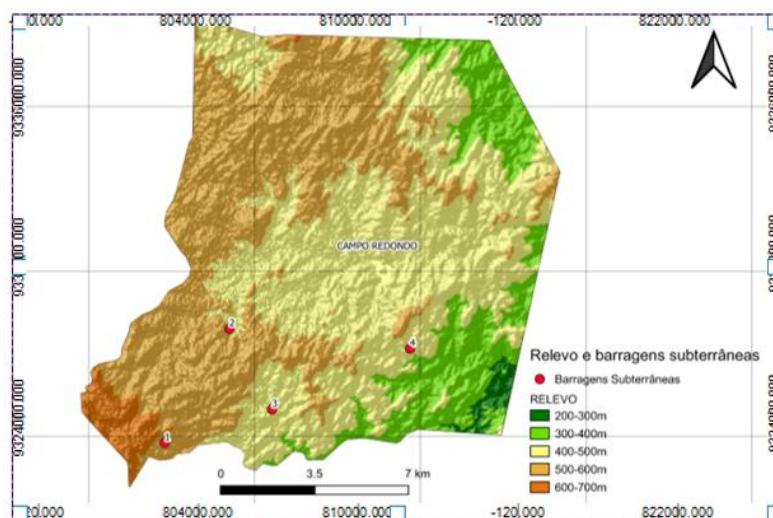
O município de Campo Redondo [O6] fica nas coordenadas geográficas de latitude: 6° 14' 36" Sul e longitude: 36° 10' 50" Oeste. Sendo assim, será analisado os mapas de relevo, microbacias hidrográficas, região de rios e caracterização dos solos.

4.2.1 Relevo e declividade

Como pode ser observado na figura 20, foram plotados quatro pontos onde há barragens subterrâneas. As coordenadas de localização das barragens, são respectivamente: latitude 6°18'9.33" Sul e longitude 36°16'1.92" Oeste, latitude 6°15'49.92" Sul e longitude 36°14'43.20" Oeste, latitude 6°17'28.31" Sul e longitude 36°13'51.42" Oeste, latitude 6°16'14.12" Sul e longitude 36°11'3.71" Oeste.

De acordo com a classificação da Embrapa, as barragens 1 e 2 são caracterizadas por possuírem uma taxa de declividade variando entre 20 e 45%, sendo consideradas então forte-ondulado, no qual pode acarretar em uma maior velocidade no fluxo da lâmina de água precipitada. Já as barragens 3 e 4 possuem uma declividade que varia entre 8 e 20%, caracterizando assim um relevo ondulado.

Figura 20 - Mapa hipsométrico de Campo Redondo e a localização das barragens subterrâneas



Fonte: Autoria própria (2020)

4.2.2 Bacias de contribuição

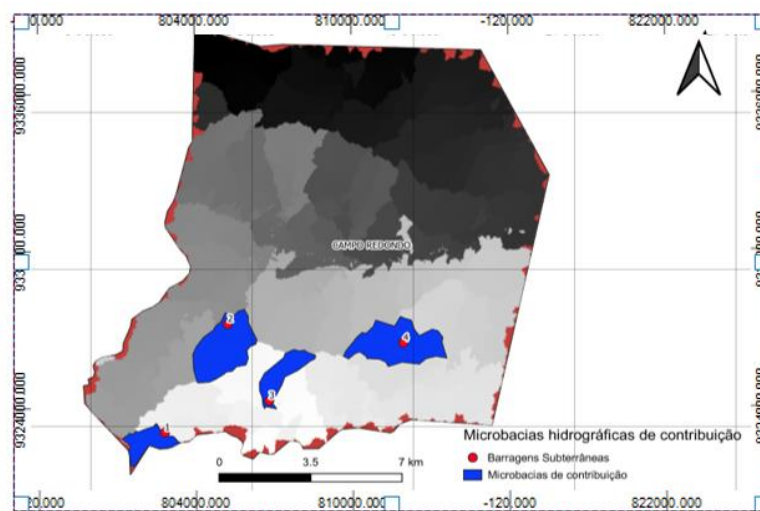
A área e o perímetro das regiões de microbacias hidrográficas no município Campo Redondo podem ser observados na figura abaixo e na tabela a seguir:

Tabela 3 - Área de contribuição e perímetro

BACIAS	ÁREA (ha)	PERÍMETRO (km)
BACIA 1	155,28	6,72
BACIA 2	432,57	8,71
BACIA 3	191,50	7,34
BACIA 4	452,50	10,80

Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 21 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Campo Redondo

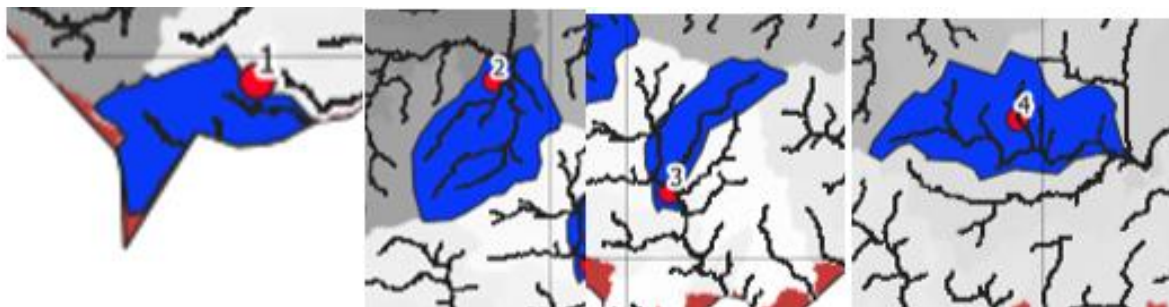


Fonte: Autoria própria (2020)

4.2.3 Região dos rios

De acordo com as observações realizadas através dos mapas com as regiões dos rios (Figura 22), pôde-se constatar que a barragem subterrânea no ponto 3 estão situadas em um rio de terceira ordem, em consequência disso é levado em consideração que o volume de água disposto a percorrer essa barragem possui um volume maior. Já a barragem número 2 situa-se em um rio de segunda ordem, onde a vazão da água ainda se encontra favorável a percorrer em maior volume esse ponto. No entanto as barragens número 1 e 4 estão instaladas em rios de primeira ordem, dos quais a porção de água que percorre esse ponto não tem tanta intensidade quanto as demais.

Figura 22 - Região dos rios



Fonte: Autoria própria (2020)

4.2.4 Classificação dos solos

O mapa de solos foi obtido através do site IBGE, foi levado em consideração a caracterização conforme a estrutura granulométrica, sendo observando critérios como a sua permeabilidade e a sua fertilidade. De acordo com a região da microbacia onde a barragem encontra-se instalada, foi determinado os seguintes solos, bem como a sua capacidade de infiltração:

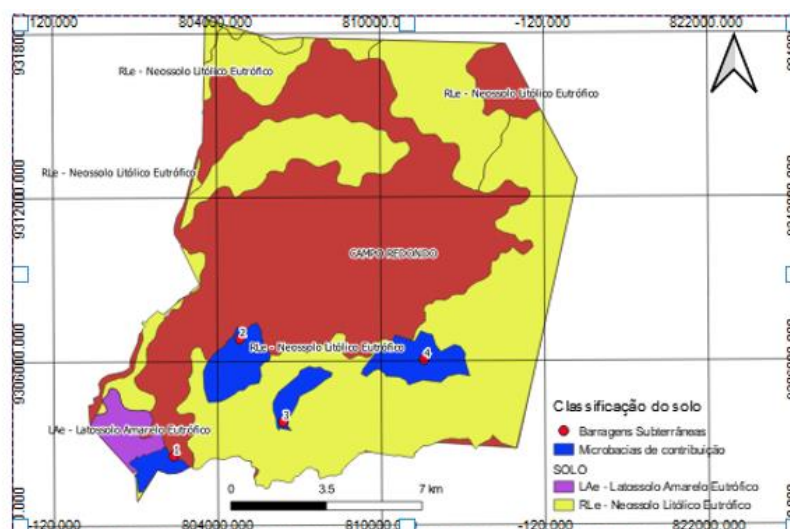
Tabela 4 - Classificação dos solos

TIPO DE SOLO	PERMEABILIDADE	FERTILIDADE
Neossolo litólico eutrófico	Baixa	Alta
Latossolo amarelo eutrófico	Alta	Alta

Fonte: Autoria própria (2020)

Como é observado na figura a seguir as barragens 2, 3 e 4 encontram-se situadas no Neossolo litólico eutrófico do qual é caracterizado por uma baixa permeabilidade, sendo assim, com uma alta declividade a água precipitada não conseguirá se infiltrar no solo para alimentar o lençol freático, já o mesmo possui uma alta fertilidade, facilitando assim a plantação de culturas por agricultores. No ponto 1, o solo também possui uma alta fertilidade e permeabilidade, resultando assim e uma baixa erosão do solo e permitindo que a água chegue ao subsolo com maior intensidade.

Figura 23 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Campo Repondo



Fonte: Autoria própria (2020)

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CURRAIS NOVOS

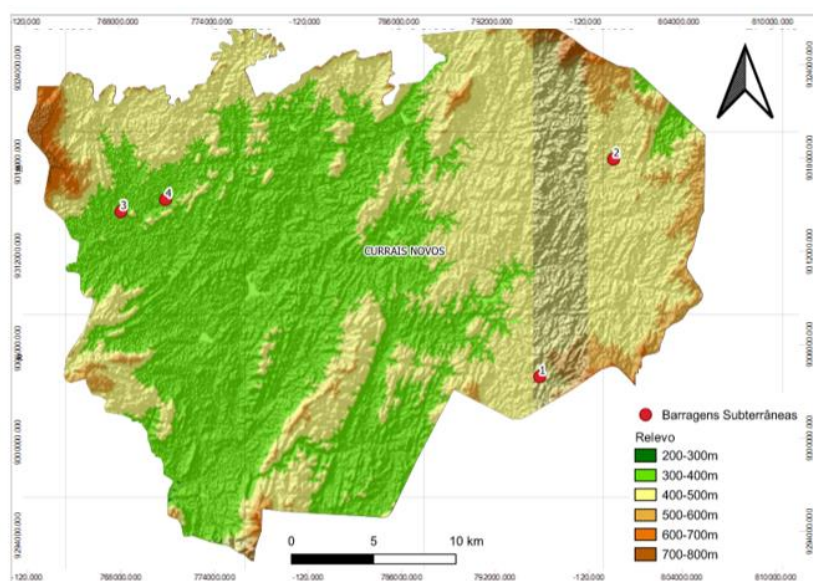
O município de Currais Novos encontra-se situado nas coordenadas geográficas de latitude 06° 15' 39" Sul e longitude 36° 31' 04" Oeste. Com isso, será realizada a caracterização dos parâmetros das barragens subterrâneas que se encontra na área do município.

4.3.1 Relevo e declividade

Na figura a seguir, pode ser observado que foram analisadas quatro barragens subterrâneas. As barragens que serviram de instrumento de estudo localizam-se nas seguintes coordenadas, respectivamente: latitude 6°17'15.32" Sul e longitude 36°20'50.62" Oeste, latitude 6°10'14.40" Sul e longitude 36°18'24.61" Oeste, latitude 6°11'56.01" Sul e longitude 36°34'37.03" Oeste, latitude 6°11'32.73" Sul e longitude 36°33'8.90" Oeste.

De acordo com os dados obtidos na caracterização do QGIS, bem como a classificação de declividade segundo a Embrapa (Figura 24), temos os seguintes resultados: as barragens 1 e 2 possuem uma declividade que varia de 8 a 20%, possuindo assim um caráter de relevo ondulado. Já as barragens 3 e 4 possuem uma declividade entre 3 e 8%, possuindo a sua classificação como suave-ondulado.

Figura 24 - Mapa hipsométrico de Currais Novos com a localização das barragens subterrâneas



Fonte: Autoria própria (2020)

4.3.2 Microbacias de contribuição

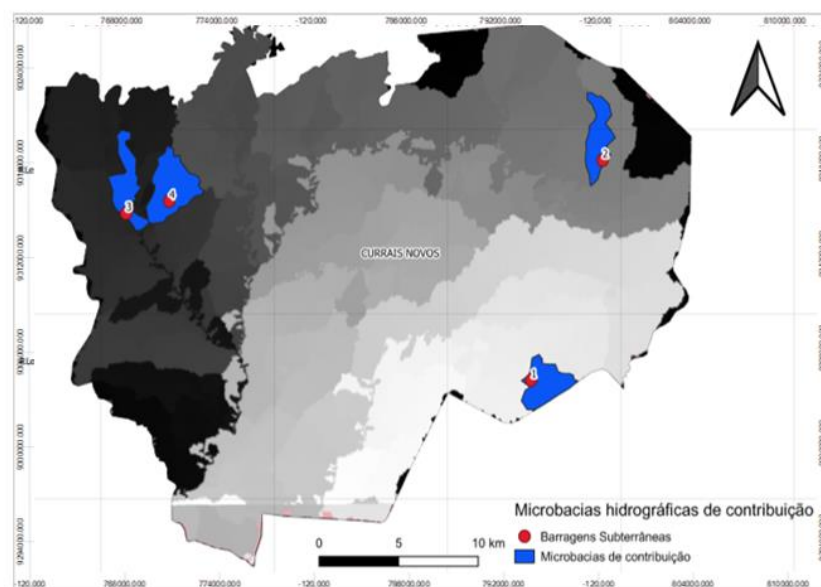
As microbacias de contribuição a serem analisadas foram obtidas através do software de geoprocessamento Quantum GIS (Figura 25), do qual se pôde obter as camadas raster com tais regiões. Com isso obteve-se os seguintes dados:

Tabela 5 – Área de contribuição e perímetro

BACIAS	ÁREA (ha)	PERÍMETRO (km)
BACIA 1	607,32	16,45
BACIA 2	885,81	13,61
BACIA 3	584,14	13,43
BACIA 4	604,25	11,49[O7]

Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 25 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Currais Novos



Fonte: Autoria própria (2020)

4.3.3 Região dos rios

Analisando o mapa abaixo, foi constatado que as barragens 1, 2 e 4 estão situadas em rios de segunda ordem, no qual consequentemente possuem um maior volume de água em sua superfície, facilitando assim a permeabilidade da mesma no subsolo, quando a sua camada de solo é propícia a tal. No caso da barragem 3, a mesma encontra-se instalada

em um rio de primeira ordem, sendo que os rios com essa ordem são caracterizados por não haver uma vazão significativa da massa de água.

Figura 26 - Região dos rios



Fonte: Autoria própria (2020)

4.3.4 Classificação dos solos

O mapa de classificação dos solos foi obtido através do site IBGE, foi considerado a caracterização conforme a estrutura granulométrica, sendo observando critérios como a sua permeabilidade e a sua fertilidade. Tomando como base a região da microbacia no qual encontra-se instalada as barragens subterrâneas que estão sendo objeto de estudo, foram determinados os seguintes solos:

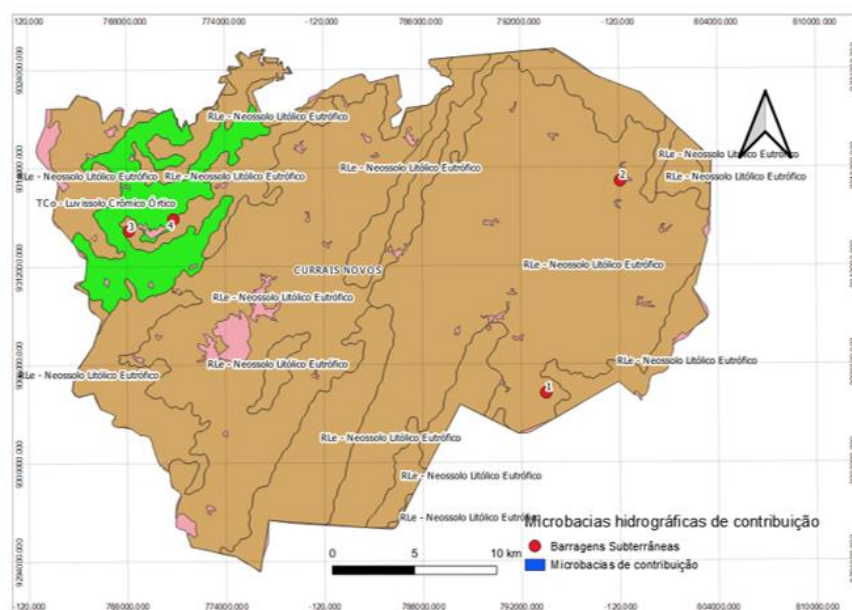
Tabela 6 - Classificação dos solos

TIPOS DE SOLOS	PERMEABILIDADE	FERTILIDADE
Neossolo litólico eutrófico	Baixa	Alta
Luvissoilo crômico órtico	Alta	Alta

Fonte: Autoria própria (2020)

Como pode ser observado na imagem abaixo, as execuções dos projetos das quatro barragens subterrâneas analisadas ocorreram em solos que possuem uma boa permeabilidade, bem como uma boa taxa de fertilidade do solo, sendo estes dois fatores a serem levados em consideração quando realizado estudo para a locação do projeto da barragem.

Figura 27 - Mapa da classificação do solo no município de Currais Novos



Fonte: Autoria própria (2020)

4.4 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE JUCURUTU

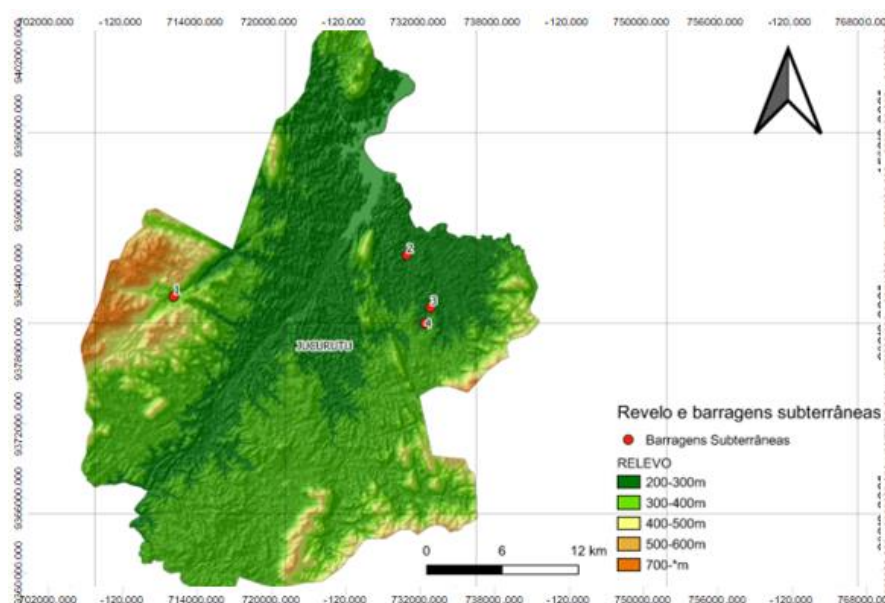
O município escolhido para estudo fica situado nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 06° 02' 02" S e longitude 37° 01' 13" W, situa-se a uma altitude de 63 metros do nível do mar e possuindo uma área de 966,4 km².

4.4.1 Relevo e declividade

Como pode ser observado na figura a seguir, no município de Jucurutu foram analisadas um total de quatro barragens subterrâneas. As mesmas estão situadas nas seguintes coordenadas, respectivamente: latitude 6° 5'0.25" Sul e longitude 36°43'45.59" Oeste, latitude 5°59'16.61" Sul e longitude 36°56'32.73" Oeste, latitude 6° 1'32.13" Sul e 36°55'31.33" Oeste, latitude 6° 2'12.93" Sul e longitude 36°55'45.80" Oeste.

Como resultado das observações feitas pode-se classificar a declividade e o relevo predominante nas regiões onde as barragens estão instaladas, com isso foi descrito que: a barragem 2, 3 e 4 estão situadas em um relevo plano, possuindo sua declividade variando entre 0 a 3%. No caso da barragem 1, a mesma se encontra em um relevo suave ondulado, no qual a sua declividade varia entre 3 a 8%.

Figura 28 - Mapa hipsométrico de Jucurutu e a localização das barragens subterrâneas



Fonte: Autoria própria (2020)

4.4.2 Microbacias de contribuição

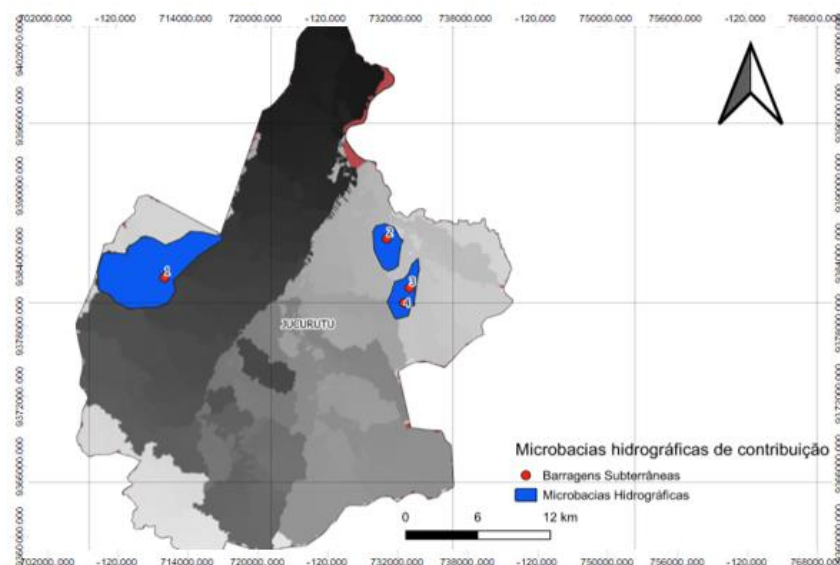
Utilizando a ferramenta do Quantum GIS, o r.watershed, foi possível determinar as microbacias que alimentam o eixo da barragem subterrânea, sendo assim foi constatado que há três principais microbacias, e assim pode-se determinar as suas áreas de contribuição e o seu perímetro (Figura 29). A tabela a seguir representará o resultado obtidos das microbacias analisadas:

Tabela 7 - Área de contribuição e perímetro

BACIAS	ÁREA (ha)	PERÍMETRO (km)
BACIA 1	3775,63	28,77
BACIA 2	685,39	10,68
BACIA 3	690,57	13,27

Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 29 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Jucurutu

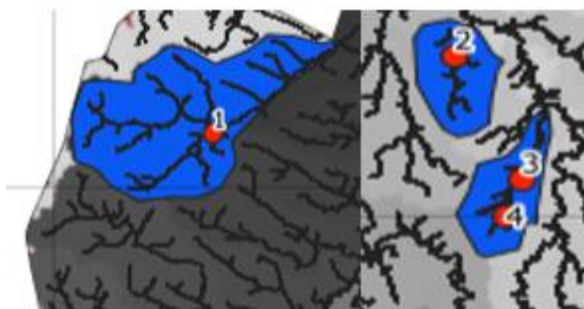


Fonte: Autoria própria (2020)

4.4.3 Região dos rios

Com base na observação do mapa desenvolvido abaixo, é percebido que a barragem no ponto 2 está situada em um rio de primeira ordem, ocasionando um baixo volume de água percorrendo o mesmo. Já nos pontos 3 e 4, as barragens subterrâneas encontram-se instaladas em um rio de segunda ordem, no qual possuem uma lâmina de água com maior intensidade, podendo resultar em uma maior disponibilidade de água no subsolo. E no ponto 1 a barragem foi instalada em um rio de terceira ordem, do qual é caracterizado por possuir uma enorme vazão, tendo como resultado uma disponibilidade maior do recurso hídrico, tanto na parte subterrânea quanto na área a externa.

Figura 30 - Região dos rios



Fonte: Autoria própria (2020)

4.4.4 Classificação do solo

Com base nos dados dispostos pelo site da Embrapa, a classificação dos solos do município de Jucurutu no qual estão instaladas as barragens subterrâneas ficou da seguinte forma:

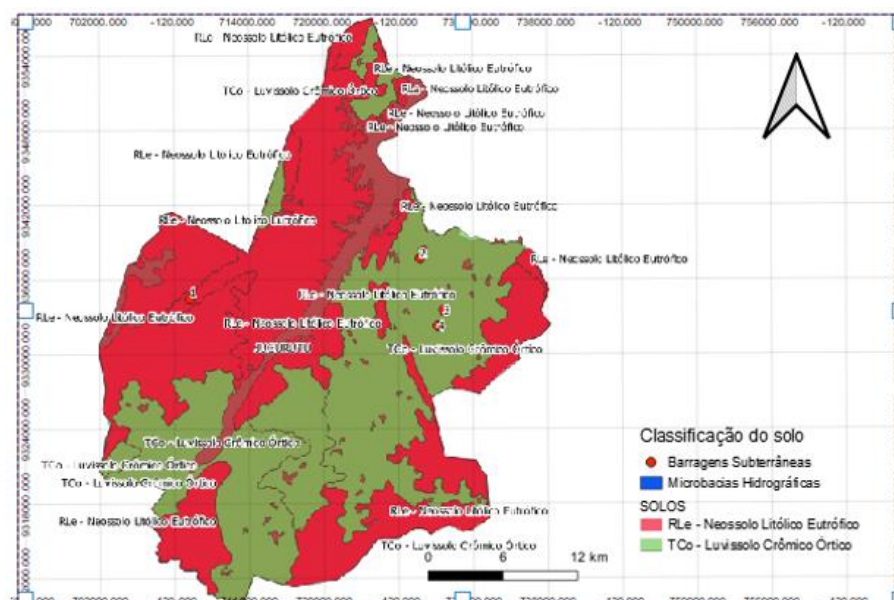
Tabela 8 - Classificação dos solos

TIPOS DE SOLO	PERMEABILIDADE	FERTILIDADE
Neossolo litólico eutrófico	Baixa	Alta
Luvissolo crômico órtico	Alta	Alta

Fonte: Autoria própria (2020)

Com isso, podemos constatar que a barragem se encontra em um bom solo (Figura 31), no qual permite que a água se infiltre com facilidade até o lençol freático, permitindo que a barragem subterrânea armazene um grande volume de água. Quanto a fertilidade do solo, as barragens estão situadas em um ponto onde é propício a agricultura, visto que, esse tipo de barragem não ocupa espaço sobre o terreno.

Figura 31 - Mapa da classificação do solo do município de Jucurutu



Fonte: Autoria própria (2020)

4.5 CLASSIFICAÇÃO DO MUNICÍPIO DE LAJES

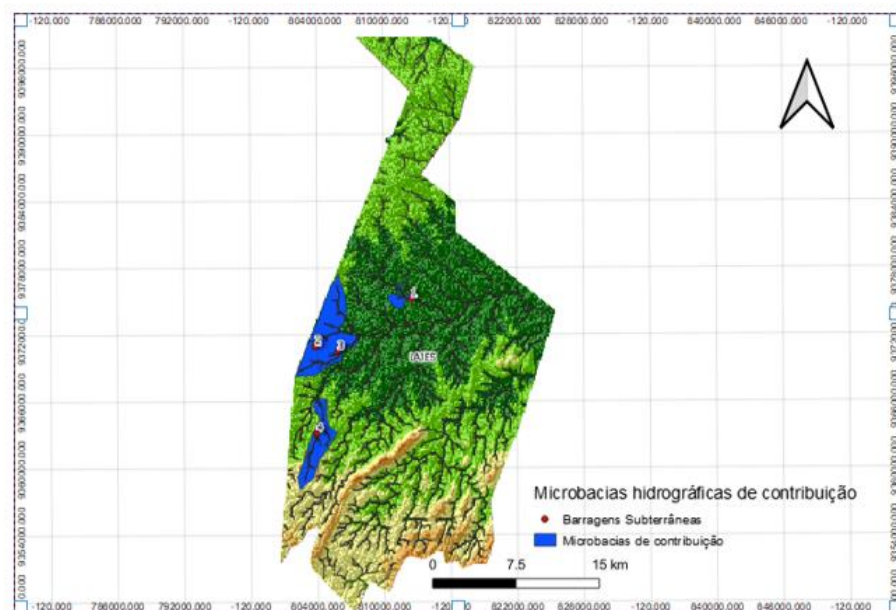
O município de Lajes está situado nas coordenadas geográficas de latitude 05° 42' 00" Sul e longitude 36° 14' 41" Oeste. A mesma encontra-se a uma altitude de 199 metros e possui uma área de 668,6 km². Tendo um número de barragens subterrâneas dessa cidade como objeto de análise, será tratado parâmetros como declividade, relevo, área de microbacias que irrigam as barragens, classificação do solo onde a barragem está instalada e a região que a mesma se encontra no rio.

4.5.1 Relevo e declividade

Conforme a figura abaixo, podemos listar um total de quatro barragens subterrâneas, dos quais possuem coordenadas geográficas de latitude e longitude são, respectivamente: latitude 5°56'32.16" Sul e longitude 36°32'17.66" Oeste, latitude 5°41'4.02" Sul e longitude 36°15'26.01" Oeste, latitude 5°41'18.02" Sul e longitude 36°14'20.02" Oeste, latitude 5°45'17.70" Sul e longitude 36°15'20.80" Oeste.

Observando os resultados obtidos através do Quantum GIS, pôde-se contatar que as barragens 1, 2 e 3 foram instaladas em um relevo plano, cujo a declividade varia entre 0 a 3%, sendo um ótimo ponto para a instalação das barragens. Já a barragem 4 encontra-se em um relevo suave-ondulado, no qual a declividade varia entre 3 a 8%, possuindo também um bom relevo para executar o projeto da barragem subterrânea.

Figura 32 - Mapa hipsométrico de Lajes e a localização das barragens subterrâneas



Fonte: Autoria própria (2020)

4.5.2 Microbacias de contribuição

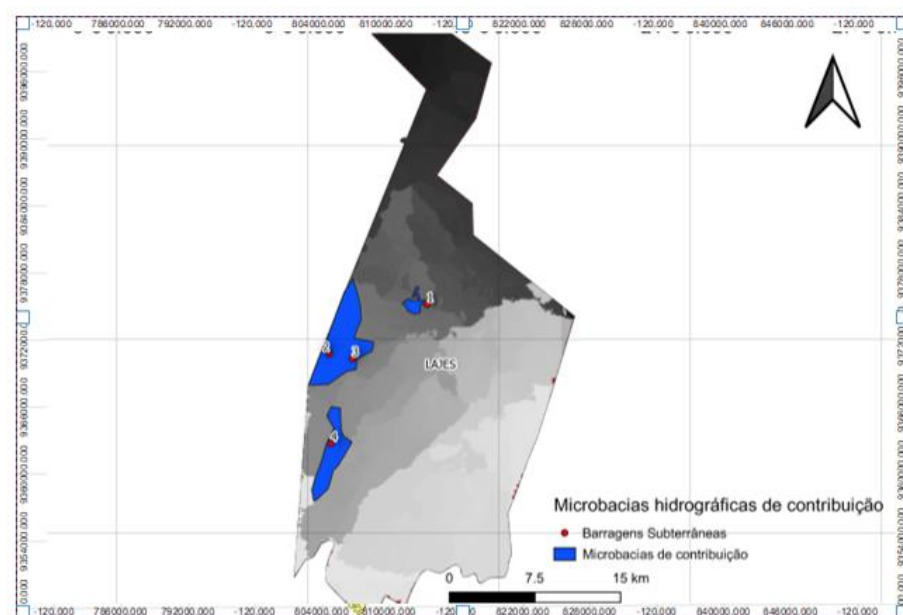
Observando a figura abaixo é percebido que foram levadas em consideração três microbacias de contribuição, das quais podemos obter os dados de área da microbacia e o perímetro das mesmas.

Tabela 9 - Área de contribuição e perímetro

BACIAS	ÁREA (ha)	PERÍMETRO (km)
BACIA 1	1110,60	19,07
BACIA 2	659,32	12,70
BACIA 3	23,37	2,32

Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 33 - Mapa das microbacias hidrográficas do município de Lajes



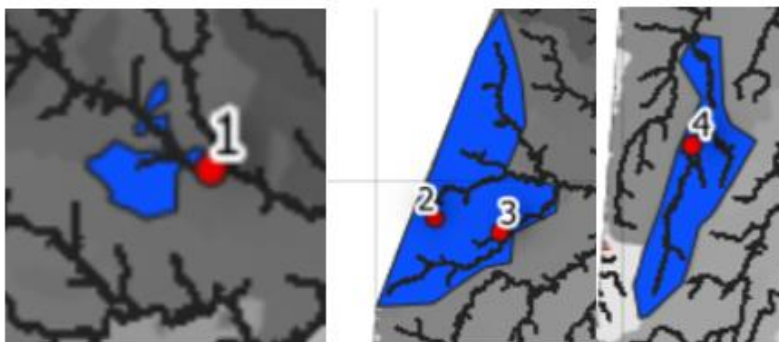
Fonte: Autoria própria (2020)

4.5.3 Região dos rios

Verificado o recorte dos mapas abaixo, pode ser observado que a barragem instalada no ponto 2 encontra-se em um rio de primeira ordem, dos quais possuem uma característica de pouco acúmulo de água ao longo do seu comprimento. Os pontos instalados em 3 e 4 estão em um rio de segunda ordem possuindo assim um maior volume

de água disposto a utilização agropecuária. Por último, no ponto 1 a barragem foi implantada em um rio de terceira ordem, do qual recebe a carga total de água das ordens anteriores, em consequência disso a disponibilidade do recurso hídrico é muito maior do que nos demais.

Figura 34 - Região dos rios



Fonte: Autoria própria (2020)

4.5.4 Classificação dos solos

De acordo com a classificação disponibilizada pelo IBGE, a caracterização do solo na região onde encontra-se instaladas as barragens subterrâneas ficaram da seguinte maneira:

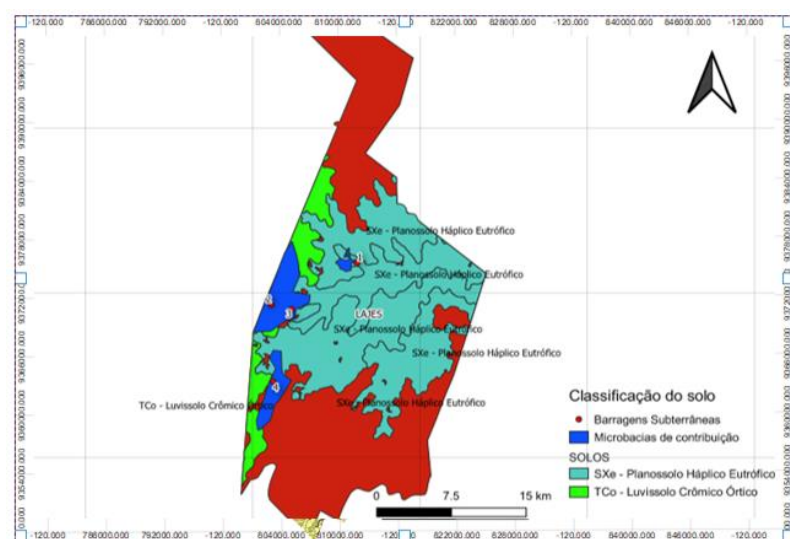
Tabela 10 - Classificação dos solos

TIPOS DE SOLOS	PERMEABILIDADE	FERTILIDADE
Planossolo háplico eutrófico	Alta	Alta
Luvissolo crômico órtico	Alta	Alta

Fonte: Autoria própria (2020)

Com isso, pode ser observado na figura 35 que as barragens instaladas nos pontos 1, 2 e 3 estão no Planossolo háplico eutrófico, que possui uma boa permeabilidade e fertilidade. Já a barragem do ponto 4 está foi instalada no Luvissolo crômico órtico, solos que também possui boa características, porém possui umas limitações de ordem física relacionadas ao preparo do solo e à penetração de raízes devido ao adensamento.

Figura 35 - Mapa da classificação do solo no município de Lajes



Fonte: Autoria própria (2020)

4.5.5 Número de barragens subterrâneas que foram locadas em pontos que favorecem o seu sucesso

Analizando as barragens subterrâneas das cidades escolhidas e verificando as características de relevo, declividade, área de contribuição da microbacia hidrográfica e seu perímetro, localização nas ordens do rio e a classificação dos solos, pôde-se encontrar os seguintes números de barragens que podem sanar a necessidade hídrica local:

Tabela 11 - Resultados obtidos das cidades analisadas

BARRAGENS DA CIDADE	RELEVO E DECLIVIDADE (0 - 20%)	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (20 - 3800ha)	ORDEM DOS RIOS	CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS
ALEXANDRIA	2	2	2	3
CAMPO REDONDO	0	2	2	4
CURRAIS NOVOS	2	4	4	4
JUCURUTU	4	2	2	4
LAJES	4	3	3	4

Fonte: Autoria própria (2020)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos e os parâmetros escolhidos para a caracterização, foram constatados que a maiorias das barragens, objetos de estudo, tendem a ter sucesso em sua instalação, ou seja, conseguem sanar a necessidade hídrica do local onde a mesma está inserida.

Com isso, as cidades que se destacaram na análise foram Alexandria, Currais Novos e Lajes, por possuírem um nível ideal de declividade e relevo, por instalarem suas barragens subterrâneas em rios de segunda e terceira ordem e em um ponto distante da cabeceira da microbacia e por pertencerem a uma classe de solo que favoreça a permeabilidade da água, bem como a agricultura nessas áreas. Sendo assim, afim de incrementar os resultados obtidos deve-se analisar os dados pluviométricos das regiões onde as microbacias de contribuição se encontram, podendo ser um critério a ser futuramente incrementado.

Diante disso, as ferramentas que disponibilizaram recursos para a construção dos mapas possuem uma precisão das coordenadas considerável, bem como uma interface de desenvolvimento bastante intuitiva.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA [O8]

ANA, A. NACIONAL DE ÁGUAS. Hidrologia básica 1. **Hidrologia Básica**, v. Unid 1, p. 1–55, 2009.

BRITO, M. S. L. DA S. et al. **Ação de Pesquisa 1** -, 2005.

FLINKLER, R. A Bacia Hidrográfica. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**, p. 1–55, 2014.

LIMA, A. D. O. et al. Barragens subterrâneas no semiárido brasileiro: Análise histórica e metodologias de construção. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 200–211, 2013.

MONTEIRO, L. C. C. **Barragens Subterrâneas: Uma alternativa para suprimento de água na região semiárida**, 2008.

NASCIMENTO, JOSÉ WALLACE BARBOSA; AZEVEDO, MARLUCE ARAÚJO; FARIAS, S. A. R. **BARRAGENS SUBTERRÂNEAS** (Gráfica Agenda, Ed.) **Journal of Chemical Information and Modeling**. Campina Grande, 2008.

NASCIMENTO, A. F. DO et al. Barragens Subterrâneas: parâmetros locais, localização na bacia hidrográfica, área de captação e tipos de solo. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, n. 1, p. 1–4, 2015.

RIBEIRO, F. L. et al. Caracterização morfométrica da microbacia Água do Paredão – Jataizinho, PR. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, abr./2015.

ROMANOVSKI, Zilda. Morfologia e aspectos hidrológicos da microbacia Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo, Viçosa, 2001.

SANTOS, S. C. L. et al. TECNOLOGIAS PARA CONTENÇÃO DE SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA: UMA EXPERIÊNCIA DE EXTENSÃO RURAL NA REGIÃO DO SERIDÓ-RN. **INFOTECNARIDO**, Mossoró, v.1, n.1, p.13-27, 2007.

SILVA, Vinícius Trindade Silva. Tecnologias sociais de convivência com o semiárido: um estudo de caso no Rio Grande do Norte-Brasil. Mossoró, v.1 p.1-54, jun./2018.

SOBRAL, P. M. et al. Comparação entre barragens subterrâneas e superficiais. **XVI Congersso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, p. 17, 2010.

SOLOS, P. E. Potencialidades de classes de solos e critérios para locação de barragens subterrâneas no Semiárido do Nordeste brasileiro 45. n. 1, p. 1–7, 2007.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Revista UNIARA, n.20, p. 137-157, 2007.

TORRES, J. L. R. et al. Avaliação das características morfológicas e hidrológicas da microbacia do córrego buracão, afluente do rio Uberaba. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v.11, n.33, p. 157-167, março/2010.

VIEIRA, Dinamar Márcia da Silva; TORRES, José Luiz Rodrigues; BARRETO, Antonio Carlos. Avaliação morfométrica e vazão da microbacia do Córrego do Inhame, em Uberaba-MG. Rev. Bras. Cien., Tec. e Inov. Uberaba-MG, v.3, n.2, p. 105-114, jul. /dez. 2018.