



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE HUMANIDADES – OSMAR DE AQUINO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – CAMPUS III
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM GEOGRAFIA**

EMANUEL SANTOS DE OLIVEIRA

**ANÁLISE GEOESTATÍSTICA VOLTADA PARA O PLANEJAMENTO DOS POÇOS
ARTESIANOS DE CAMPINA GRANDE-PB**

**GUARABIRA-PB
2019**

EMANUEL SANTOS DE OLIVEIRA

**ANÁLISE GEOESTATÍSTICA VOLTADA PARA O PLANEJAMENTO DOS POÇOS
ARTESIANOS DE CAMPINA GRANDE-PB**

Monografia apresentada a coordenação do Curso de Licenciatura Plena em Geografia da Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Humanidades – Campus III, Guarabira, em cumprimento a exigência para obtenção do grau de Licenciado em Geografia. Sob orientação do Prof. Dr. Lanusse Salim Rocha Tuma.

Orientador: Prof. Dr. Lanusse Salim Rocha Tuma

**GUARABIRA-PB
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

O48a Oliveira, Emanuel Santos de.
Análise geoestatística voltada para o planejamento dos poços artesanais de Campina Grande-PB [manuscrito] / Emanuel Santos de Oliveira. - 2019.
65 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Humanidades , 2019.
"Orientação : Prof. Dr. Lanusse Salim Rocha Tuma , Coordenação do Curso de Geografia - CH."
1. Águas Subterrâneas. 2. Hidrogeologia. 3. Geoestatística. I. Título

21. ed. CDD 910

EMANUEL SANTOS DE OLIVEIRA

ANÁLISE GEOESTATÍSTICA VOLTADA PARA O PLANEJAMENTO DOS POÇOS
ARTESIANOS DE CAMPINA GRANDE-PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Licenciatura Plena em Geografia
da Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial para conclusão do Curso de
Geografia.

Aprovado em: 21/11/2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Lanusse Salim Rocha Tuma (Orientador)
Doutor em Engenharia/USP
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Ivanildo Costa da Silva (Examinador)
Mestre em Geografia/UFPB
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Ms. Ramon Santos Souza (Examinador)
Mestre em Geografia/UFPB
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS, que é fonte de inspiração e sabedoria, sem a sua presença não seria possível concluir este trabalho.

Agradeço a minha família, de modo especial a meus pais Humberto e Raimunda pelo incentivo e motivação durante esse percurso, às minhas irmãs Elielma e Edlany pelo carinho, a minha sogra Marineide pelo exemplo de força e a minha amada esposa Daniele Rodrigues pelo amor e dedicação, fundamental para me tornar um ser humano melhor.

Às minhas avós que partiram para a vida eterna, mas que seus ensinamentos estão presentes comigo cotidianamente.

Agradeço também à turma 2014.1 (noite) de Geografia pela jornada acadêmica vivenciada e pelo conhecimento e amizade compartilhada com cada um.

Ao estimado Prof. Dr. Lanusse Tuma pela confiança e incentivo no meu trabalho, assim como os preciosos conselhos e críticas construtivas, afim de contribuir com o meu crescimento.

Ao Prof. Ms. Ramon Souza pela contribuição e ajuda para que este trabalho pudesse ser ainda mais encorpado. Ao Prof. Ms. Ivanildo Silva por estar à disposição, de ir à campo para registrar as fotografias da área de estudo.

A diretoria de recursos minerais SEIRHMA pela receptividade e disponibilidade de dados importantes nesta pesquisa.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (PIBIC/CNPq-UEPB) pelo apoio à realização do trabalho.

Enfim, a todos que participaram direta e indiretamente, sendo importantes de alguma forma parte desta realização.

MUITO OBRIGADO!

“Combati o bom combate, terminei a corrida, guardei a fé. Desde agora, está reservado para mim o prêmio da justiça que o Senhor, o juiz justo, me dará naquele dia, não somente a mim, mas a todos que tiverem esperado com amor a sua manifestação.”

2 Tm 4, 7-8

RESUMO

A água é um recurso natural que assume função primordial para a manutenção da vida, mas encontra-se ameaçada. Sendo assim, surge a necessidade do aprofundamento na resolução de problemas inerentes à questão hídrica subterrânea, no intuito de colaborar com o gerenciamento das águas no subsolo. Nesta conjuntura, os estudos Hidrogeológicos são fundamentais na caracterização da qualidade das águas subterrâneas, enquanto a Geoestatística é uma ferramenta indispensável na compreensão das variáveis regionalizadas. Este trabalho tem por objetivo identificar, criar e fornecer informações que poderão auxiliar no planejamento e ordenamento das potencialidades hídricas subterrâneas, de modo específico no município de Campina Grande-PB. A metodologia baseou-se na análise dos índices hidrodinâmicos em poços previamente perfurados que estão contidos no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS/CPRM) e no acervo da Diretoria de Recursos Minerais e Hidrogeologia (SEIRHMA/PB). Foi possível adquirir um número considerável de amostras, tendo as seguintes variáveis envolvidas e suas respectivas quantidades no momento da coleta: 484 dados da profundidade do nível d'água, 216 dados da vazão específica, 262 dados da vazão após estabilização, 279 dados do nível estático e 218 dados do nível dinâmico. Vale destacar, que o auxílio de ferramentas computacionais, adotadas na fase de gabinete, neste caso os softwares R, Rstudio e Excel, tornaram-se essenciais na organização, análise e apresentação dos dados. Entre os resultados alcançados, podem-se citar: i) o nível d'água dos poços artesanais alcançam uma profundidade média de 42,65 metros; ii) o coeficiente de variação dos dados das profundidades do nível d'água no momento do bombeamento ou nível dinâmico está em torno de 17%; iii) os dados das profundidades do nível d'água sem bombeamento ou nível estático apresentam um desvio padrão de 0,017 em relação à média; iv) o volume de água extraída dos poços tubulares profundos por bombeamento ou vazão específica registra o patamar médio de 0,03 m³/h e; v) a vazão após estabilização concentra seus valores no intervalo entre 0,03 e 4,97 m³/h. Portanto, este trabalho contribui para o entendimento do perfil hídrico da área, fornecendo subsídios diagnósticos das fontes aquosas profundas, em terrenos rochosos cristalinos pré-cambrianos do tipo fissurais.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas. Hidrogeologia. Geoestatística.

ABSTRACT

Water is a natural resource with a primordial function for life maintenance, but is threatened. Thus, there is a need to deepen the resolution of problems inherent to the subterranean hydric issue, in order to collaborate with the management of waters in subsoil. At this juncture, Hydrogeological studies are fundamental in the characterization of groundwater quality, while Geostatistics is an indispensable tool in understanding regionalized variables. This work aims to identify, create and provide information that can assist in planning and ordering subterranean hydric potentialities, specifically in the municipality of Campina Grande-PB. The methodology was based on the analysis of hydrodynamic indices in previously drilled wells that are contained in the Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS/CPRM) (Groundwater Information System) and the collection of the Diretoria de Recursos Minerais e Hidrogeologia (SEIRHMA/PB) (Direction of Mineral Resources and Hydrogeology.). It was possible to acquire a considerable number of samples, with the following variables involved and their respective quantities at the time of collect: 484 water level depth data, 216 data from the specific flow rate, 262 flow rate data after stabilization, 279 static level data and 218 dynamic level data. It is worth mentioning that the aid of computational tools, adopted in the cabinet phase, in this case the Software R, Rstudio and Excel, became essential in the organization, analysis and presentation of the data. Among the results achieved, we can mention: i) the water level of the artesian wells reach an average depth of 42.65 meters; (ii) the coefficient of variation of water level depth data at the time of pumping or dynamic level is around 17%; (iii) the data from the depths of the water level without pumping or static level present a standard deviation of 0.017 in relation to the mean; (iv) the volume of water extracted from deep tubular wells by pumping or specific flow registers the average level of 0.03 m³/h e; (v) the flow after stabilization concentrates its values in the range between 0.03 and 4.97 m³/h. Therefore, this work contributes to the understanding of the hydric profile of the area, providing diagnostic subsidies of deep aqueous sources, in precambrian crystalline rocky terrains of the fissural types.

Keywords: Groundwater. Hydrogeology. Geostatistics.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Distribuição da Água na Terra | 12 |
| Figura 2 – Ciclo da Água | 14 |
| Figura 3 – Serviço desempenhado pelas águas subterrâneas e aquíferos | 15 |
| Figura 4 – Tipos de aquíferos quanto à sua porosidade | 16 |
| Figura 5 – Exemplo de Semivariograma | 21 |
| Figura 6 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica | 24 |
| Figura 7 – Mapa de Localização da área de estudo | 25 |
| Figura 8 – Equipamentos utilizados na pesquisa | 28 |
| Figura 9 – Histograma de frequência das profundidades | 31 |
| Figura 10 – Boxplot das profundidades | 31 |
| Figura 11 – Semivariogramas experimentais das profundidades | 32 |
| Figura 12 – Semivariograma da variável profundidade | 32 |
| Figura 13 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico profundidade | 33 |
| Figura 14 – Mapa de krigagem ordinária do desvio-padrão da profundidade | 33 |
| Figura 15 – Histograma de frequência dos níveis dinâmicos | 34 |
| Figura 16 – Boxplot dos níveis dinâmicos | 34 |
| Figura 17 – Semivariogramas experimentais dos níveis dinâmicos | 35 |
| Figura 18 – Semivariograma da variável nível dinâmico | 35 |
| Figura 19 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico nível dinâmico ... | 36 |
| Figura 20 – Mapa de krigagem ordinária do desvio padrão do nível dinâmico | 36 |
| Figura 21 – Histograma de frequência dos níveis estáticos | 37 |
| Figura 22 – Boxplot dos níveis estáticos | 38 |
| Figura 23 – Semivariogramas experimentais dos níveis estáticos | 38 |
| Figura 24 – Semivariograma da variável nível estático | 39 |
| Figura 25 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico nível estático | 39 |
| Figura 26 – Mapa de krigagem ordinária do desvio padrão do nível estático | 40 |
| Figura 27 – Histograma de frequência da vazão específica | 40 |
| Figura 28 – Boxplot da vazão específica | 41 |
| Figura 29 – Semivariogramas experimentais da vazão específica | 42 |
| Figura 30 – Semivariograma da vazão específica | 42 |
| Figura 31 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico vazão específica | 43 |
| Figura 32 – Mapa de krigagem ordinária do desvio padrão da vazão específica | 43 |
| Figura 33 – Histograma de frequência da vazão após estabilização | 44 |
| Figura 34 – Boxplot da vazão após estabilização | 44 |
| Figura 35 – Semivariogramas experimentais da vazão após estabilização | 45 |
| Figura 36 – Semivariograma da Vazão após Estabilizada | 45 |
| Figura 37 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico vazão estabilizada | 46 |
| Figura 38 – Mapa de krigagem ordinária do desvio padrão da vazão estabilizada | 46 |
| Figura 39 – Visão à Sul do Município de Campina Grande com destaque para o açude de Bodocongó | 47 |
| Figura 40 - Visão a norte do Município de Campina Grande com ênfase na verticalização | 47 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Síntese da Estatística Descritiva das Variáveis Obtidas para os Poços Artesianos de Campina Grande | 29 |
|--|----|

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|------------|---|
| CNRH | Conselho Nacional de Recursos Hídricos |
| CPRM | Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais |
| GPS | Global Positioning System |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| SEIRHMA/PB | Diretoria de Recursos Minerais e Hidrogeologia da Paraíba |
| SIAGAS | Sistema de Informações de Águas Subterrâneas |
| SIG | Sistema de Informação Geográfica |
| USGS | United States Geological Survey |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA | 12 |
| 2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA A SOCIEDADE | 12 |
| 2.2 GEOESTATÍSTICA VOLTADA PARA O PLANEJAMENTO HÍDRICO SUBTERRÂNEO..... | 18 |
| 2.3 A IMPORTÂNCIA DA HIDROGEOLOGIA E GEOESTATÍSTICA PARA OS ESTUDOS GEOGRÁFICOS | 23 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 25 |
| 3.2 METODOLOGIA ADOTADA | 27 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA E GEOESTATÍSTICA | 29 |
| 4.1.1 PROFUNDIDADE | 30 |
| 4.1.2 NÍVEL DINÂMICO | 34 |
| 4.1.3 NÍVEL ESTÁTICO | 37 |
| 4.1.4 VAZÃO ESPECÍFICA | 40 |
| 4.1.5 VAZÃO APÓS ESTABILIZAÇÃO | 44 |
| 5 CONCLUSÃO | 49 |
| REFERÊNCIAS | 50 |
| ANEXO A - PLANILHA DOS DADOS DOS ÍNDICES HIDRODINÂMICOS DOS POÇOS DE CAMPINA GRANDE-PB | 54 |

1 INTRODUÇÃO

Um dos recursos naturais com maior risco de exploração é a água, atualmente, esta discussão considera que as atividades humanas podem sofrer com as consequências da escassez desta fonte natural. Logo, os mananciais hídricos estão em constante ameaça, fazendo com que questões ambientais e sociais possam estabelecer diferentes possibilidades pela busca de soluções relacionadas a disponibilidade de água para sociedade.

Para justificar essa afirmativa é importante entender como esse cenário se desenvolveu, de modo especial na segunda metade do século passado, onde a humanidade pôde observar a introdução de um sistema industrial voltado para a produtividade, amparado em um modelo econômico sem pretensões de promover a conservação do meio ambiente, que posteriormente atentava contra a saúde da população (POTT; ESTRELA, 2017).

Neste contexto, esta pesquisa fundamenta-se acerca das águas subterrâneas encontradas sob a superfície terrestre, que ocupam completamente os poros das rochas e dos sedimentos, formando assim os aquíferos. Considera-se, ainda, que as águas subsuperficiais são indispensáveis para a vida, não unicamente por sustentarem a malha urbana e o campo e outras atividades econômicas, mas por contribuírem nos sistemas aquáticos, como rios, lagos, mangues e pântanos (HIRATA *et al.*, 2019).

Diante disso, surge a necessidade de compreender alguns processos que estão relacionados à questão hídrica subterrânea, com o propósito de colaborar com o gerenciamento das águas no subsolo. Tendo isso em vista, o objeto de estudo deste trabalho são os poços artesanais do município de Campina Grande-PB cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS/CPRM) e da Diretoria de Recursos Minerais e Hidrogeologia (SEIRHMA/PB). Ressalta-se ainda, que três áreas do conhecimento científico são essenciais para elaboração desta pesquisa: a Hidrogeologia, a Geoestatística e a Geografia.

Este trabalho tem por objetivo analisar e especializar aspectos hidrodinâmicos de poços tubulares e artesanais no município de Campina Grande (Paraíba, Nordeste do Brasil). Esta pesquisa pode auxiliar no planejamento e ordenamento das potencialidades hídricas subterrâneas, especificamente na área estudada.

Diante desta análise, alguns objetivos específicos tornaram-se fundamentais nesta pesquisa. Pode-se destacar de modo especial a aplicação de técnicas geoestatísticas aliadas a sistemas computacionais quanto à modelagem espacial das variáveis regionalizadas, para a

obtenção das características inerentes às reservas hídricas. Com isso, foi preciso identificar a variabilidade dos dados através das funções variogramas. A análise variográfica será considerada uma ferramenta auxiliar na Geoestatística para o tratamento e interpretação das variabilidades espaciais dos parâmetros hidrogeológicos disponíveis. Outro aspecto essencial nesta pesquisa foi a utilização dos recursos estatísticos básicos para caracterizar a natureza da distribuição dos dados e a elaboração de modelos variográficos apropriados a partir das amostras espaçadas regular e irregularmente.

Portanto, o presente trabalho está baseado em um modelo sustentável que busca avaliar os riscos e vulnerabilidades das fontes hídricas frente às solicitações impostas pelo avanço urbano, industrial e tecnológico.

2 REVISÃO DA LITERATURA

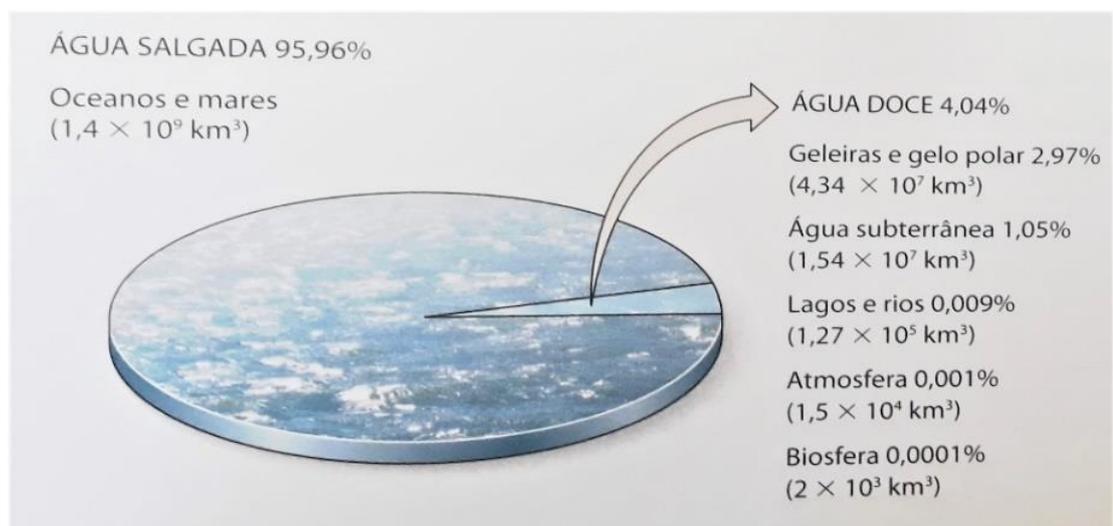
2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA A SOCIEDADE

Para descrever a importância da água para o planeta deve-se considerar sua imensa contribuição na dinâmica da natureza, sendo esta responsável por determinar um complexo sistema natural, que diretamente recebe influência e define as ações humanas. Todo esse processo está inserido em um perfeito equilíbrio que pode ser observado, essencialmente, na manutenção da vida.

A água é uma fonte indispensável no que tange à sobrevivência, e a sua presença ou escassez estabeleceu na história, a ocupação de territórios, a vitória em batalhas, a extinção ou aparecimento de novas espécies, como também indica o futuro das próximas gerações. Portanto, o nosso planeta não reuniria condições favoráveis para a vida sem a presença da água (BACCI; PATACA, 2008).

Conforme Jordan e Grotzinger (2013) os reservatórios hídricos mais importantes da terra por ordem de tamanho são os oceanos, as geleiras e o gelo polar, a água subterrânea, os lagos e os rios, atmosfera e a biosfera. A figura 1 abaixo demonstra a distribuição da água desses reservatórios na terra.

Figura 1 – Distribuição da Água na Terra



Fonte: Jordan; Grotzinger (2013)

Portanto, para compreender a primordial tarefa de preservar a água se faz necessário identificar como esta substância química está presente cotidianamente na vida humana, e como a sua dependência interfere diretamente na realização dos diversos tipos de atividades. Um exemplo desta afirmação, é a forma de tratamento da água na zona urbana, onde

[...] a tarefa de abastecer de água uma cidade é gigantesca. Em primeiro lugar a água tem de ser captada dos mananciais (lagos, rios ou água do subsolo), em seguida tem de sofrer todo um processo de tratamento pelo qual é purificada e tornada apropriada ao consumo. Depois passa por um sistema de distribuição e finalmente um sistema de esgoto conduz as águas servidas para estações de tratamento que as devolvem para os rios ou para o mar (BRUNI, 1993. p. 56).

Diante disso, ressalta-se que a degradação ambiental identificada atualmente, de maneira particular em relação à água, apresenta forte influência antrópica. As atividades humanas interferem neste processo através da agricultura, indústria, mineração, descarte de resíduos sólidos, crescimento demográfico, urbanização e mudanças climáticas, tendo desta forma um forte impacto na qualidade da água (BRASIL, 2011).

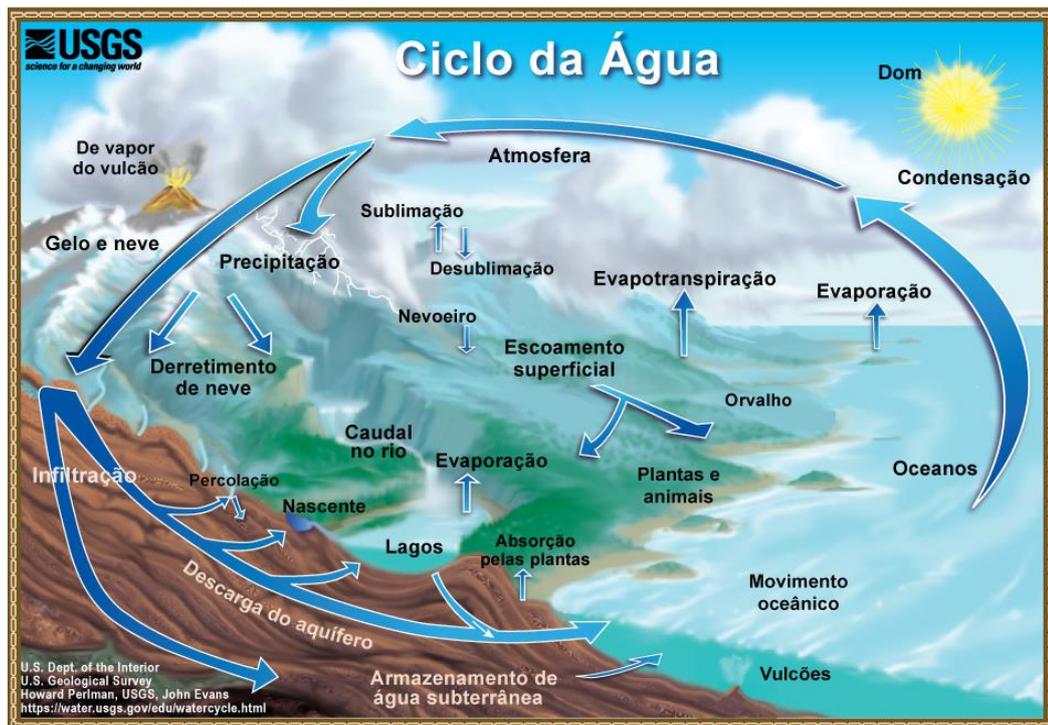
Neste contexto, a oferta de água superficial de qualidade vem sendo reduzida, tendo ligação direta com a contaminação antropogênica. Neste sentido as águas subterrâneas surgem como alternativa viável, visto que apresentam qualidade apropriada para os diversos fins, por passarem por processos de filtração em relação ao perfil do solo ou pela rocha, logo se configura como procedimento natural de purificação (MEDEIROS *et al.*, 2009).

O conhecimento das águas subterrâneas reporta-se aos antigos seres humanos, e as formas de captação mais antigas remontam do Período Neolítico, porém a origem e distribuição dela se tornaram um mistério. Na era cristã, pensava-se que as águas dos mares, passavam por um processo de dessalinização no subsolo e que se transformavam em água doce, por algum procedimento desconhecido. O interesse pelas águas subterrâneas de maneira concreta surgiu na França no século XIX, onde foi possível a obtenção de resultados satisfatórios em razão da perfuração de poços artesianos em comunidades (OLIVEIRA, 2012).

Sendo assim, de acordo com Freeze e Cherry (2017) as águas subterrâneas são definidas como aquelas encontradas abaixo do nível freático em solos e formações geológicas saturadas, além do mais tem ocorrência no regime de umidade do solo subsuperficial, não saturado. Ainda, segundo Brasil (2019) água subterrânea é toda aquela que ocupa os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, fraturas, falhas e fissuras das rochas e exerce uma função fundamental na conservação da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos.

As águas subterrâneas são mais que um recurso, pois integra uma característica indispensável para o meio natural. Um exemplo desta característica está na grande parcela das águas subterrâneas existente na terra, que tem origem no ciclo hidrológico (Fig. 2), ou seja, no processo pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e em seguida para os continentes, de onde regressa, de maneira superficial e subterraneamente ao oceano (FILHO *et al.*, 2008).

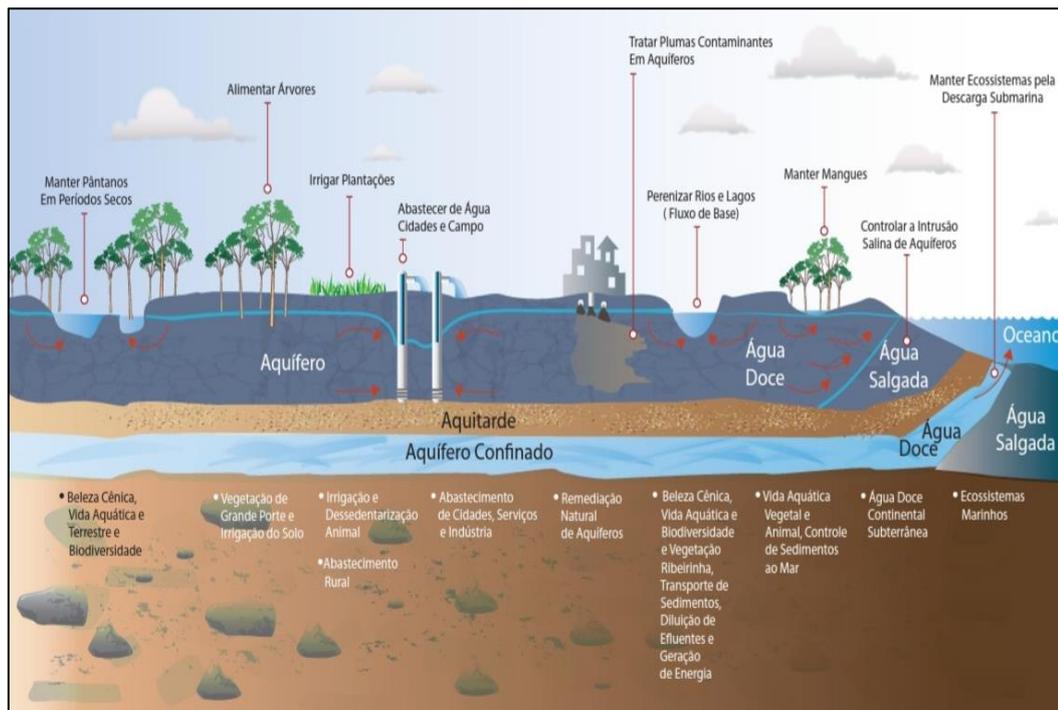
Figura 2 – Ciclo da Água



Fonte: USGS - United States Geological Survey (2017)

Para entender melhor a função das águas que ocorrem no subsolo para a vida, é preciso observar que estas são indispensáveis não simplesmente para o campo ou a cidade, mas por sustentar os sistemas naturais. Os rios, lagos, pântanos e mangues, as florestas situadas em regiões de clima seco ou quente não se manteriam em equilíbrio sem a presença das águas subterrâneas. A perenidade dos corpos superficiais colabora diretamente com o fluxo de água e para a manutenção da vida aquática e da vegetação da margem que mantém influência no transporte de sedimentos, contribuindo desta forma para a diluição dos resíduos lançados no seu curso. A figura 3 mostra como esse sistema funciona (HIRATA *et al.*, 2019).

Figura 3 – Serviço Desempenhado pelas Águas Subterrâneas e Aquíferos



Fonte: Hirata *et al.* (2019)

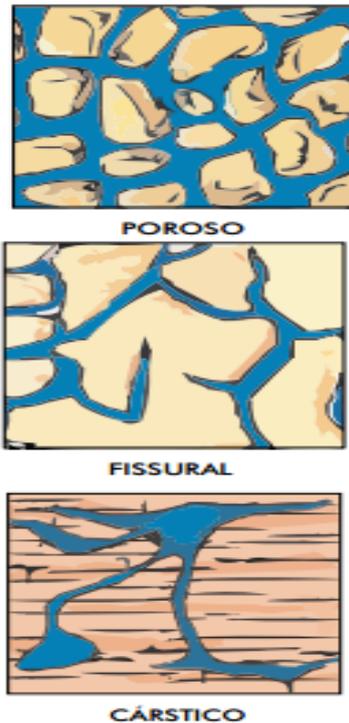
Os Aquíferos são formações geológicas encontradas no subsolo que dispõe de características de armazenamento da água. Esses reservatórios são alimentados pela precipitação atmosférica, que deslocam a água dos mares aos continentes, que consequentemente adentram nos aquíferos pelo processo de infiltração em suas áreas de recarga (PINTO-COELHO; HAVENS, 2015).

De acordo com Giraldi (2013) para entender os aquíferos, é necessário ter conhecimento dos vários tipos de rochas encontradas no subsolo, e considerá-las como as camadas de um sanduíche. Ressalta ainda, que essas rochas foram formadas em diferentes eras geológicas, e apresentam características de porosidade, resultante do processo de deposição de sedimentos, tendo o exemplo dos grãos de areia ou argila e podem ser também cristalinas, como o basalto e o granito, que tem origem da lava do vulcão.

Neste contexto, os aquíferos podem ser classificados de acordo com três tipos, conforme seus poros: porosidade intergranular (espaço entre os grãos), porosidade de fissuras (localizado no espaço em fraturas) e porosidade vacuolar (espaços gerados pela dissolução) (GROTZINGER; JORDAN, 2013).

A figura 4 abaixo mostra a classificação dos tipos de aquíferos em relação à sua porosidade.

Figura 4 – Tipos de Aquíferos quanto à sua Porosidade



Fonte: BRASIL (2007)

O aparato legal que regulariza os mananciais hídricos subterrâneos se constitui como um arcabouço indispensável em relação à proteção deste recurso natural, portanto podem contribuir de maneira singular para que a preservação das águas subterrâneas seja preservada segundo fundamentos técnicos.

O CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos em sua Resolução nº 92/08 objetiva “estabelecer critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro, visando identificar, prevenir e reverter processos de superexploração, poluição e contaminação, considerando especialmente as áreas de uso restritivo previsto no §2º do art. 6º da Resolução CNRH nº 22”.

Nesta conjuntura, a gestão das águas subterrâneas deve estar fundamentada nos padrões exigidos pela legislação vigente, observando acima de tudo uma exploração sustentável baseada na manutenção dos recursos hídricos, considerado como um bem comum.

Ainda, conforme a Resolução nº15/01 do CNRH que trata da implementação da política nacional de recursos hídricos, vem especificar que esse instrumento deve ser incluído nas medidas que visem gerir de maneira integrada as águas. Uma das diretrizes estabelece que o “enquadramento dos corpos de água subterrânea em classes dar-se-á segundo as características

hidrogeológicas dos aquíferos e os seus respectivos usos preponderantes, a serem especificamente definidos”.

Desse modo, é indispensável o conhecimento científico para que o perfil hidrogeológico de determinado manancial subterrâneo possa ser compreendido e explorado, pois é através da identificação de suas potencialidades que haverá uma conclusão para qual fim o aquífero encontrado seja utilizado.

O estudo sobre a ocorrência das águas no subsolo é de responsabilidade da hidrogeologia, campo da geologia que se caracteriza por analisar a água subterrânea enquanto recurso hídrico. O enfoque deste ramo do conhecimento se configura como a:

[...] ciência que estuda as águas subterrâneas (aquíferos), seu movimento, ocorrência, propriedades, interações com o meio físico e biológico, bem como os impactos das ações dos seres humanos na qualidade e quantidade nessas águas (poluição, contaminação e superexploração) (BRASIL, 2007, p. 12).

Os poços fazem parte de um importante recurso de captação de água subterrânea, e sua utilização está baseada no tipo de necessidade dos usuários, logo a sua inserção se justifica pela crescente demanda hídrica.

Conforme Zoby (2002) desde a colonização as águas subterrâneas eram usufruídas no Brasil, tendo se estendido para o interior, havendo uma utilização em coberturas incasolidadas, essencialmente em aluviões, sua captação se resumia a cacimbões ou poços rasos. Os primeiros registros de poços perfurados datam de 1845-1846, com uma profundidade de 150 m, em Fortaleza-CE por uma empresa americana.

Com o passar do tempo, houve um crescimento acentuado na construção de poços, mas sem considerar critérios técnicos. A perfuração em espaços impróprios coloca em risco a qualidade de água. Pode-se destacar alguns aspectos de construção de poços que expõe o perigo de contaminação da água, como pontos próximos a: postos de gasolina, cemitérios, lixões e fossas (MEDEIROS *et al.*, 2009).

Atualmente, o desenvolvimento voltado para exploração das águas subsuperficiais apresenta uma diversidade de recursos para extração adequada quanto ao uso de poços. Por isso,

Em função das condições locais, do tipo e profundidade dos aquíferos, das vazões pretendidas e da disponibilidade de equipamentos de perfuração no mercado, a água subterrânea pode ser captada através de vários tipos de poços, os quais podem ser classificados, de acordo com o método de perfuração utilizado, em: poços escavados manualmente, poços coletores com drenos horizontais simples e drenos radiais, poços tubulares e galerias filtrantes (DEMETRIO *et al.*, 2008, p. 429).

Nesse sentido, a maneira de construir um poço é de extrema importância, visto que é através da adoção de procedimentos apropriados que será possível garantir uma qualidade satisfatória da água captada.

2.2 GEOESTATÍSTICA VOLTADA PARA O PLANEJAMENTO HÍDRICO SUBTERRÂNEO

O engenheiro Daniel G. Krige por volta de 1960 na África do Sul, foi responsável por realizar estimativas empíricas para cálculos de reservas minerais, e inspirando-se nestas ideias, Matheron desenvolve as chamadas variáveis regionalizadas, dando ênfase a subordinação espacial dos fenômenos naturais, surgindo desta forma o termo geoestatística. As variáveis regionalizadas dispõem de propriedades aleatórias e estruturais, que determinam relações existentes entre os dados encontrados (LANDIM, 2006). Então, o conceito que pode representar o termo geoestatística de maneira simplista está baseado na dependência espacial das observações de uma variável (GUIMARÃES, 2004).

A geoestatística é essencial na análise e compreensão dos dados presentes no espaço, pois observa semelhanças que podem ser georreferenciadas. Neste sentido a teoria desenvolvida por Matheron constitui o arcabouço fundamental no estudo da geoestatística, por possuir características intrínsecas na observação das variáveis espaciais (GREGO *et al.*, 2014)

Conforme Sturaro (2015) desde os anos 60, a geoestatística merece destaque nas geociências, fornecendo parâmetros confiáveis para caracterizar determinadas pesquisas que necessitam de verificação estatística. Dentre algumas ciências que se utilizam desta ferramenta, destacam-se a hidrogeologia, a cartografia, a geologia ambiental, a geotecnia e a geografia.

Segundo Novais (2017) há diferenças determinantes entre a estatística clássica e a geoestatística, visto que enquanto a primeira não relaciona os dados distribuídos no espaço, a segunda atenta para a interdependência dos fenômenos aí existentes. Portanto, compreender a importância desta ferramenta é imprescindível, uma vez que esta contempla a localização geográfica e por conseguinte realiza uma interpretação com vigor técnico no auxílio e manipulação dos dados espacialmente espessos.

A estatística tem suas raízes voltadas para a antiguidade, e algumas técnicas já eram desenvolvidas para alguns fins que necessitavam de informações matemáticas como uma forma

de controle, planejamento, probabilidade entre outros aspectos referentes às características de cada época. Diante disso, há exemplos históricos que evidenciam esta ciência,

No antigo Egito, devido às inundações no Nilo, anualmente se efetuavam trabalhos cadastrais e censitários. A Bíblia refere-se também a censos do povo Hebreu. Durante o Império Romano, foram feitos censos de pessoas e bens de forma periódica e sistemática. Foi contudo a partir do Século XVII que Fermat (italiano) e Pascal (francês) iniciaram os cálculos de probabilidades, tratando de resolver problemas de jogos de azar (GUERRA, 1988, p. 25).

A ciência estatística tem uma representatividade singular em várias outras áreas do conhecimento, visto que esta fornece elementos de caráter quantitativo e qualitativo que podem ser aplicados em determinados estudos, dado que o tratamento das informações geradas irá assessorar de maneira significativa para se chegar a um resultado satisfatório.

Dessa forma Guedes *et al.* (2019), descreve a estatística como a ciência responsável por fornecer processos que visam coletar, apresentar e interpretar um conjunto de dados, podendo ser numéricos ou não.

Diante disso, a inserção de técnicas estatísticas representa uma significativa contribuição no tratamento das informações, para isso necessita-se do conhecimento de alguns conceitos frequentemente utilizados nesta ciência, são eles: população e amostra. Bisquerra *et al.* (2004) afirma que o termo população se refere ao conjunto dos indivíduos que contém uma característica comum entre eles, enquanto amostra é o subconjunto da população, indicado por determinado método de amostragem.

Dessa maneira, uma fundamental técnica de auxílio à compreensão das variáveis encontradas no espaço relaciona-se à estatística descritiva, que de acordo com Borges (2003) é encarregada de observar, organizar e descrever os dados referentes a uma amostra ou população. Neste contexto, as medidas de tendência central merecem destaque, pois são assim denominadas por apontarem um ponto no qual se aglutinam os dados, são elas: a média aritmética, a moda e a mediana (GUEDES *et al.*, 2019).

Novais (2017) destaca essas três medidas através de seus respectivos conceitos, onde a:

- Média aritmética ou esperança matemática, é a mais usual medida de tendência central, onde indica o valor médio da distribuição, calculada por:

$$E[X] = \sum_{i=1}^n x_i p(x_i) \quad \text{ou} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Sendo que:

n é o número de dados amostrados;

x_i é o valor da i -ésima amostra;

$p(x_i)$ é a probabilidade de ocorrência da i -ésima amostra.

- Mediana é o valor central que separa o grupo de amostras, quando estão inseridas de maneira ordenada crescente.
- Moda é o valor que se repete com maior frequência em determinado grupo amostral.

Bisquerra *et al.* (2004) destaca outro instrumento indispensável na estatística descritiva, as medidas de dispersão, responsáveis por considerar o grau de variabilidade dos dados de acordo com um valor médio, com destaque para duas variáveis: a variância e o desvio padrão. A variância é um modelo que utiliza a média aritmética quadrática dos desvios indicados em relação à sua média, calculada por:

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}$$

Já o desvio padrão é a raiz quadrada da variância, calculado por:

$$S = \sqrt{S^2}$$

Partindo desta linha de raciocínio, a quantificação dos dados hidrogeológicos fundamenta-se em parâmetros geoestatísticos que podem demonstrar uma relação e/ou descrever estimativas de correlação dos pontos existentes no espaço. Sendo assim, a observação dos dados geográficos se configura como uma ferramenta que serve de sustentação para as pesquisas científicas, extraindo características importantes de determinado fenômeno.

Diante disso, pode-se inferir que os aspectos que circundam os elementos geográficos distribuídos no espaço partem de dois princípios, onde

Para realizar uma análise espacial, torna-se necessário ter informação sobre a qual se vai trabalhar. Dados, são observações diretas da realidade, ou seja, são uma coleção de fatos que podem ser armazenados, processados e transformados em informação. Podemos pensar em dados como uma lista de números e, a informação é o significado que atribuímos aos dados (ROSA, 2011, p. 277).

Então, estabelecer uma relação entre dados e informação qualifica a análise espacial, pois a compreensão dos fenômenos quantitativos depende diretamente destes aspectos, que desempenham funções geoestatísticas, fornecendo desta maneira critérios indispensáveis na pesquisa.

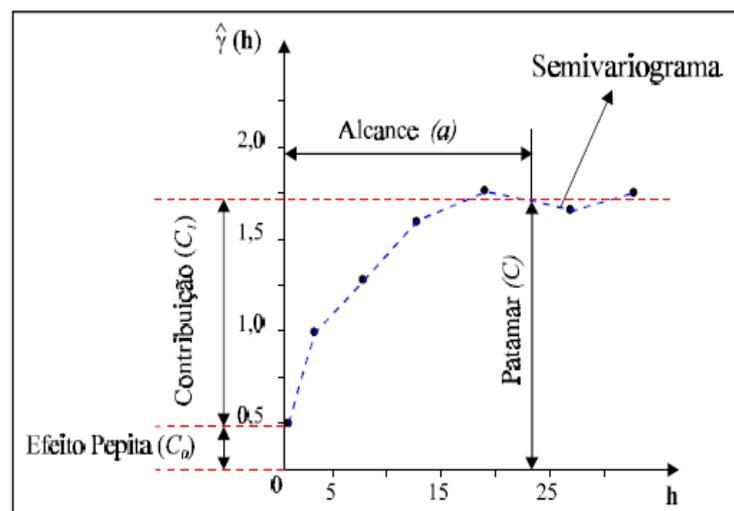
A compreensão dos dados espaciais, nesta conjuntura, são fundamentais para um estudo estatístico, pois possibilita coerência e consistência em determinado trabalho científico. Para estabelecer características estatísticas vitais em uma pesquisa, a geoestatística emprega métodos que demonstram a eficácia e a necessidade de uma malha de amostragem, que se apresenta de algumas formas, com isso

A malha de amostragem pode ser do tipo: aleatória quando a distribuição dos pontos de coleta é casual; agregada ou agrupada quando ocorrem grupos de pontos mais próximos entre si; e regular quando os pontos estão regularmente espaçados (LANDIM *et al.*, 2002, p.1).

Neste contexto, a geoestatística se preocupa com dois aspectos: a extração dos dados que se encontram, aparentemente desordenados espacialmente, obtendo assim uma relação e variabilidade de dois pontos, através do variograma (também chamado de semivariograma por alguns autores) e estabelecer a precisão dos valores fragmentados, utilizando a krigagem (ROCHA, 2005).

O semivariograma, conforme a figura 5, determina a medida de dependência entre amostras identificadas no espaço geográfico, onde a distância indica a semelhança dos pontos considerados por intervalos maiores ou menores (LANDIM, 1998).

Figura 5 – Exemplo de Semivariograma



Fonte: Camargo (2006)

A figura acima descreve, ainda, um semivariograma experimental, apresentando elementos que servem de parâmetro para sua compreensão. Diante do exposto Camargo (2006) define cada um desses aspectos relacionando com os dados geográficos, onde:

Alcance (a): É o intervalo no qual as amostras se mostram associadas espacialmente;

Patamar (C): É o valor do semivariograma que é equivalente ao alcance (a). A partir deste ponto não há mais subordinação espacial entre as amostras;

Efeito Pepita (C₀): É o valor da semivariância em relação à distância zero e retrata a variabilidade espacial que não tem ligação com uma razão específica. Esta descontinuidade pode estar associada a erros de mensuração;

Contribuição (C₁): É a diferença entre o patamar (C) e o efeito pepita (C₀).

Por sua vez, a krigagem considera a estimação de variáveis situadas no espaço a partir de valores adjacentes, mostrando um grau de interdependência pelo semivariograma. Esse termo está relacionado ao engenheiro de minas sul-africano, Daniel Krige, precursor na execução de técnicas estatísticas em avaliação mineira (LANDIM, 2006).

De acordo com Fernandes (2014) há uma diferença primordial entre a krigagem e outros métodos de interpolação, uma vez que esta considera os pesos pertencentes a amostras diferentes, sendo que esses pesos são estabelecidos por uma análise espacial fundamentada no variograma experimental. Portanto, a observação dos dados através deste método determina a dependência espacial, partindo da premissa que quanto mais próximos estiverem os pontos mais semelhantes estarão seus valores comparado a pontos distantes.

Ainda segundo Lindner (2015), a krigagem pode ser dividida de duas formas de acordo com sua utilização mais usual: A krigagem simples e a ordinária. A primeira refere-se à média quando esta é reconhecida como estatisticamente constante para toda área de cobertura das amostras. A segunda recorre a média flutuante ou móvel por toda área.

2.3 A IMPORTÂNCIA DA HIDROGEOLOGIA E GEOESTATÍSTICA PARA OS ESTUDOS GEOGRÁFICOS

Há uma tendência quanto à exploração dos mananciais subterrâneos, visto que o planeta vem se tornando cada vez mais populoso e as fontes superficiais de água doce vem passando por um processo de contaminação acelerado. A escassez deste recurso pode vir a acarretar um dos principais conflitos entre as nações do globo (GIRALDI, 2013).

Neste contexto, as águas subterrâneas fazem parte de um fundamental reservatório estratégico, por apresentar pequena possibilidade de contaminação, isso se deve à boa qualidade da água, por não estar propenso à evaporação direta, além do mais é uma importante fonte natural para períodos de estiagem, tendo um custo reduzido para captação (LOUSADA; CAMPOS, 2005).

Diante disso, os estudos hidrogeológicos e geoestatísticos podem estabelecer indicativos importantes em relação aos dados espacialmente distribuídos, pois considera referenciar e interpretar geograficamente as águas subterrâneas de determinada área.

A qualidade dos dados coletados direta ou indiretamente vai determinar a qualidade do resultado final do trabalho. A qualidade dos dados pode ser avaliada quer pela sua precisão quer pela sua exatidão. A precisão dos dados corresponde ao nível de detalhe dos dados. A exatidão corresponde ao grau de aproximação dos valores relativamente à realidade. Os dados nunca são cem por cento precisos nem exatos, mas os seus níveis de precisão e exatidão devem ser os maiores possíveis, para que o erro seja o menor possível (ROSA, 2011, p. 277).

Identificar os dados geográficos e correlacioná-los com a superfície terrestre através de representações geoestatísticas, significa ressaltar as potencialidades evidenciadas no espaço, as fragilidades e limitações, como também inferir previsões diante das características encontradas.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) faz parte de um dos recursos fundamentais para a compreensão dos atributos espaciais, portanto torna-se evidente que para realizar uma análise de referência geográfica esta ferramenta é indispensável para desenvolver e projetar modelos confiáveis.

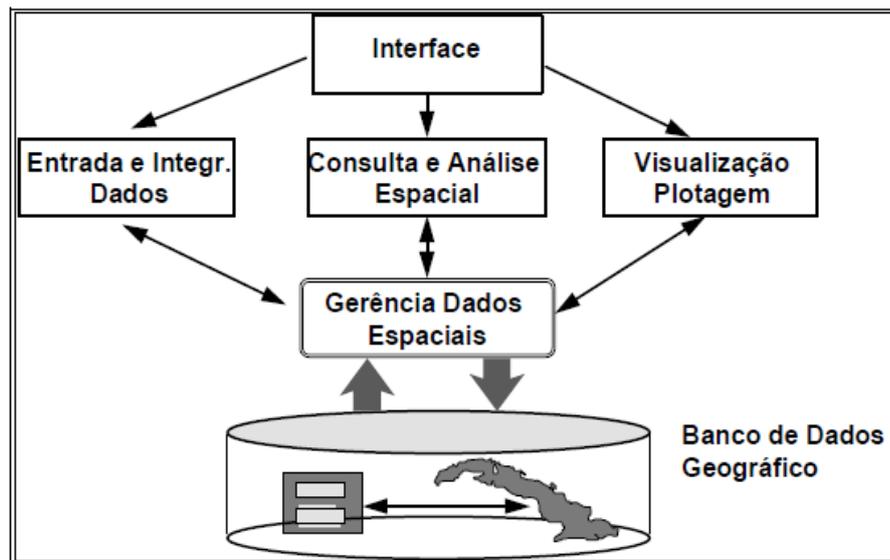
O SIG é um sistema ligado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise, simulação, modelagem e apresentação de dados, tendo referência espacial na superfície terrestre, incluindo várias tecnologias (ROSA, 2013). De acordo com Câmara *et al.* (2001) este

termo é voltado para sistemas que executam o tratamento computacional de dados geográficos, com ênfase na superfície terrestre e que são projetados numa base cartográfica.

De acordo com Lisboa Filho (2000) um software que represente um SIG deve apresentar quatro componentes, são eles: componente de captura de dados, componente de armazenamento, componente de análise, e componente de apresentação dos dados.

Sendo assim, há uma relação destes componentes com a estrutura de um SIG, que pode ser representado pela figura 6 abaixo de acordo com as necessidades estabelecidas.

Figura 6 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica



Fonte: Câmara *et al.* (2001)

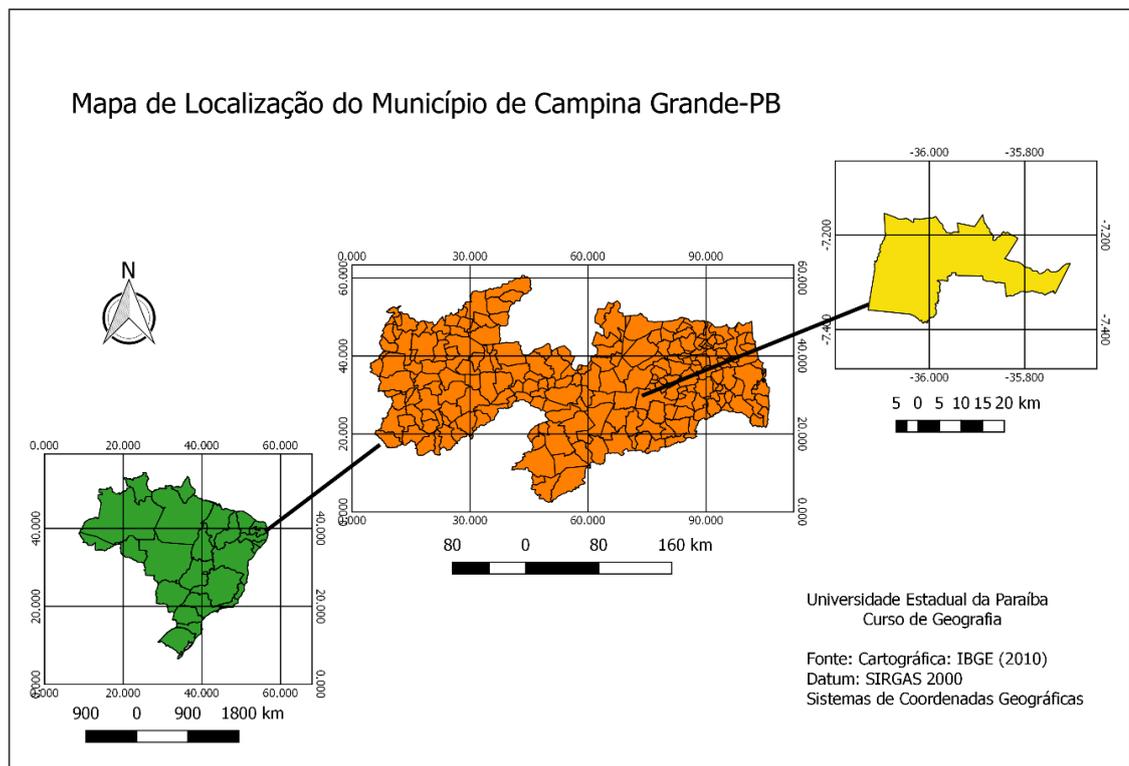
Diante disso, é importante que o geógrafo busque o conhecimento em relação a esta tecnologia, visto que a sua integração com os aspectos espaciais revela a eficácia e importância destas ferramentas para o cotidiano da ciência geográfica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Campina Grande (Fig. 7) está localizado a $07^{\circ}13'50''$ de latitude sul e $35^{\circ}52'52''$ de longitude oeste, tendo uma distância de 125 km da capital João Pessoa, onde o principal acesso se dá pela BR-230. A área compreende uma dimensão territorial de aproximadamente 594 km^2 , tendo a caatinga como bioma predominante (GALVÃO *et al.*, 2017).

Figura 7 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2019)

De acordo com a nova regionalização do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do ano de 2017 em relação às regiões geográficas do Brasil, considerando a atual fragmentação do território brasileiro, o município de Campina Grande é classificado como uma região intermediária e imediata do estado da Paraíba. Esta afirmativa está baseada em um dos critérios de avaliação do IBGE por esse território ser um centro urbano importante, tendo 47 municípios que abrangem esta região (IBGE, 2017).

O município de Campina Grande apresenta altitudes médias de 550 a 600 metros e está incluída na unidade geoambiental do Planalto da Borborema que é composto por maciços e outeiros altos, e a geomorfologia da unidade citada exhibe um relevo movimentado com vales profundos e estreitos dissecados (BELTRÃO *et al.*, 2005).

Conforme Galvão *et al.* (2017) o município de Campina Grande está geologicamente inserido sobre rochas do embasamento cristalino fraturado. Logo, no cristalino as águas subterrâneas estão interconectadas por fendas, fraturas e descontinuidades encontradas na rocha, sendo assim há uma formação de reservatórios descontínuos e com extensão limitada (FEITOSA; DINIZ, 2011).

De acordo com a classificação climática de Köppen a área de estudo é do tipo As' (*quente e úmido com chuva de outono-inverno*). O regime pluviométrico apresenta dependência da Massa Equatorial Atlântica, que atua inicialmente no outono, onde pode-se observar que sua maior umidade ocorre na corrente inferior dos alísios. No inverno identifica-se a presença de massas polares do Sul, que se juntam aos alísios do sudeste produzindo chuvas abundantes, essencialmente na faixa litorânea (HENRIQUE, 2006).

Em relação à hidrografia do município, este se encontra na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Os cursos d'água mais importantes da área são: Rios Salgadinho, Bodocongó, São Pedro, do Cruzeiro e do Surrão, também conta com riachos: Logradouro, da Piaba, Marinho, Caieira, do Tronco e Cunha. Diante disso, os cursos d'água do município possui regime intermitente, tendo um padrão de drenagem dendrítico (BELTRÃO *et al.*, 2005).

Os solos encontrados neste território, onde há ondulações suaves a onduladas são os planossolos. Em elevações ocorrem solos litólicos rasos, com uma textura argilosa. Em relação aos vales dos rios e também riachos se encontra os planossolos de textura média argilosa (PEREIRA, 2012).

Diante disso, os solos de Campina Grande não favorecem a formação de florestas densas, havendo desta forma uma precariedade na cobertura vegetal. No entanto, a vegetação identificada é bastante diversa, apresentando formação de palmáceas, cactáceas, bromeliáceas, legumináceas, como também rarefeitas associações de mameleiros, juazeiros, umbuzeiros e algarobas (HENRIQUE, 2006).

3.2 METODOLOGIA ADOTADA

A metodologia baseou-se em 4 etapas que serviram de apoio à pesquisa, essencial para sistematizar as informações obtidas, além de fundamentar o presente trabalho.

A primeira etapa teve como base a extração de dados, com ênfase na observação do comportamento das águas subterrâneas do Município de Campina-PB. Diante disso, realizou-se uma pesquisa no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (SIAGAS/CPRM), encontrado na plataforma online da referida companhia. Ainda neste estágio da pesquisa, foi realizada uma visita técnica em campo na sede da Diretoria de Recursos Minerais e Hidrogeologia da Paraíba (SEIRHMA/PB) no dia 05 de dezembro de 2018, na oportunidade a instituição citada disponibilizou informações técnicas de poços perfurados pelo departamento.

Após a obtenção dos dados nas instituições citadas, foi possível chegar aos seguintes valores brutos do comportamento hidrodinâmico da área de estudo: 484 dados da profundidade do nível d'água, 216 dados da vazão específica, 262 dados da vazão após estabilização, 279 dados do nível estático e 218 dados do nível dinâmico. Ainda neste estágio da pesquisa, houve uma sistematização dos dados obtidos, tendo como ferramenta para esta prática o programa Microsoft Excel 2016, este software auxiliou na elaboração de planilhas para a inserção destes valores.

Conforme Landim (2006), um estudo geoestatístico com resultados satisfatórios dispõe de pelo menos 30 a 40 pontos amostrais. Ainda, Guimarães (2004) destaca que é necessário, no mínimo, 100 pontos de amostragem para que se tenha um número aceitável, apesar de não haver um consenso em relação a quantidade de amostras obtidas para determinada pesquisa.

Na segunda etapa deste trabalho realizou-se o manuseio de ferramentas computacionais de análise estatística e geoestatística, fundamentais para obter resultados que posteriormente serão interpretados. Com isso, alguns softwares tornaram-se essenciais, pois com a aplicação dos mesmos foi possível proporcionar resultados satisfatórios e modelos eficientes em consonância com a temática.

Nesta conjuntura, os softwares R e RStudio versão 3.6.1 que possuem licença de código aberto e apresentam versões compatíveis com os sistemas operacionais Windows, Mac e Linux contribuíram de maneira significativa na análise descritiva e na produção de modelos estatísticos e geoestatísticos eficientes.

Para compreender os procedimentos matemáticos que serão aplicadas com o “R” é indispensável entender que o:

R é uma linguagem de programação estatística que vem passando por diversas evoluções e se tornando cada vez mais uma linguagem de amplos objetivos. Podemos entender o R também como um conjunto de pacotes e ferramentas estatísticas, munido de funções que facilitam sua utilização, desde a criação de simples rotinas até análises de dados complexos, com visualizações bem acabadas (OLIVEIRA *et al.*, 2018, p.10).

O programa R integra instalações de softwares que tem por função: a manipulação de dados, construção de gráficos assim como a realização de cálculos. A linguagem R se constitui de instruções indicadas por códigos, através de símbolos e palavras (SILVA *et al.*, 2009).

No terceiro estágio da pesquisa, observou-se que havia dados que geraram inconsistências para a elaboração dos modelos geoestatísticos, devido a pontos duplicados e valores extremos, diante disso houve a exclusão de alguns dados com o auxílio dos quantis, recurso estatístico. Sendo assim, a quantidade de informações dos poços da área de estudo, aplicadas na pesquisa foram as seguintes: 445 dados da profundidade, 105 dados da vazão específica, 232 dados da vazão após estabilização, 263 dados do nível estático e 103 dados do nível dinâmico.

Por fim, ocorreu um campo no dia 04 de julho de 2019, onde na ocasião foi realizado registros fotográficos de alguns pontos da área de estudo com o auxílio de um drone modelo MAVIC PRO da fabricante chinesa DJI, podendo desta maneira visualizar imagens aéreas do município de Campina Grande. Outros equipamentos também puderam contribuir com a pesquisa como a bússola, importante para orientação e o GPS (Global Positioning System) fundamental para identificar a localização de um receptor, na superfície terrestre (Fig. 8).

Figura 8 – Equipamentos utilizados na pesquisa



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2019)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA E GEOESTATÍSTICA

As variáveis indicadas neste trabalho, tendo como fonte de coleta os referidos órgãos públicos SIAGAS/CPRM e SEIRHMA/PB, teve os seguintes registros dos aspectos hidrodinâmicos (nível estático, nível dinâmico, vazão específica, vazão após estabilização e profundidade) dos poços cadastrados.

Neste contexto, nível estático é a profundidade da água dentro do poço quando este se encontra em repouso, sendo medido em metros, tendo o solo como referência. Nível dinâmico refere-se ao nível da água quando o poço está sendo bombeado, a medida se dá também em metros a partir do solo. Vazão de estabilização corresponde a medida obtida no final do teste de bombeamento. Vazão específica refere-se ao parâmetro utilizado para definir a capacidade de produção dos poços, que é também conhecida como capacidade específica. E profundidade é a distância em metros compreendida da superfície do terreno ao fundo do poço (MORAES, 2016).

Tendo em vista os registros obtidos, considera-se a tabela síntese abaixo (Tab. 1) da estatística descritiva das observações dos poços artesianos do município de Campina Grande - PB, que sintetiza os resultados estatísticos, tendo como base o banco de dados dos órgãos já citados, que são responsáveis pela coleta de informações das águas subterrâneas.

Tabela 1 - Síntese da Estatística Descritiva das Variáveis Obtidas para os Poços Artesianos de Campina Grande

| Variáveis Regionalizadas | Profundidade Final | Nível Dinâmico | Nível Estático | Vazão Específica | Vazão após Estabilização |
|-------------------------------|--------------------|----------------|----------------|------------------|--------------------------|
| Número de Amostras | 445 | 103 | 263 | 105 | 232 |
| Medidas de Posição (m) | | | | | |
| Mínimo | 9 | 15,2 | 0,2 | 0,0 | 0,03 |
| Máximo | 70 | 29 | 22 | 0,06 | 4,9 |
| Média | 42,6 | 22,3 | 8,1 | 0,02 | 1,2 |

| | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|------|------|-----|
| Mediana | 45 | 22,3 | 6 | 0,02 | 1 |
| Medidas de Dispersão | | | | | |
| Variância | 132,3 | 14,5 | 33,2 | 0,0 | 1,2 |
| Desvio padrão | 11,5 | 3,8 | 5,7 | 0,01 | 1,1 |
| Medidas de Distribuição | | | | | |
| Coefficiente de variação | 0,2 | 0,1 | 0,7 | 0,59 | 0,8 |

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

A tabela acima demonstra a distribuição dos valores extraídos adotando técnicas estatísticas, considerando os poços perfurados na área de estudo.

4.1.1 PROFUNDIDADE

O índice hidrodinâmico analisado aponta para uma profundidade média dos poços em torno de 42,6 metros, havendo uma concentração destes níveis no intervalo compreendido entre 9 e 70 metros, ou seja, há uma tendência de baixas profundidades, que está relacionado à influência dos aspectos geológicos ao qual a área de estudo está inserida. Portanto, há restrições quanto ao uso das águas subsuperficiais em relação ao abastecimento público, devido ao grau de salinidade verificado nestas águas, sendo recomendadas para as indústrias assim como na irrigação, claro que, considerando as orientações adequadas.

Ainda é possível perceber que os dados apresentam uma dispersão média, uma vez que dispõe de um coeficiente de variação de 26,9%, ou seja, evidencia-se que há uma certa regularidade dos dados. O histograma de frequência (Fig. 9) observado é do tipo multimodal, pois há a presença de vários picos, no bloxplot (Fig. 10) pode-se identificar que a mediana dispõe de um valor de 45 m, tendo no 1º quartil (20m) e 3º quartil (60m).

Figura 9 – Histograma de frequência representando a distribuição estatística das profundidades do município de Campina Grande – PB

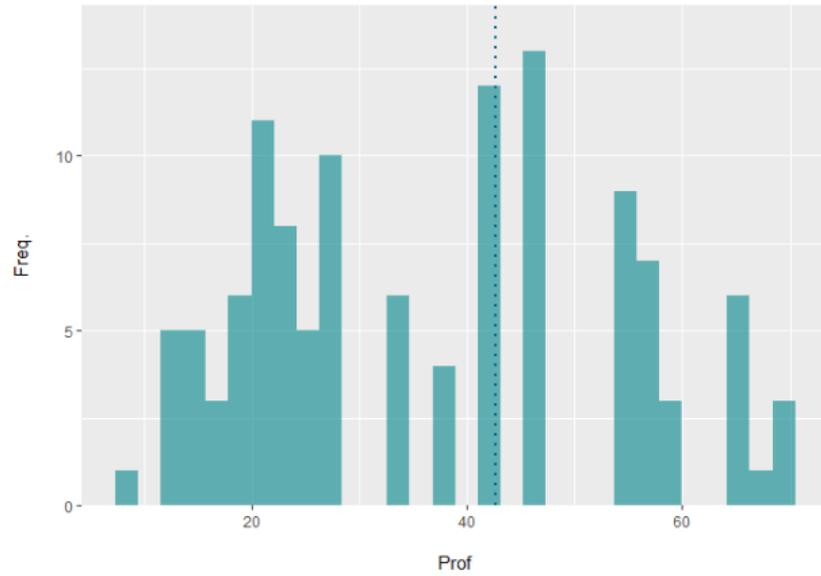
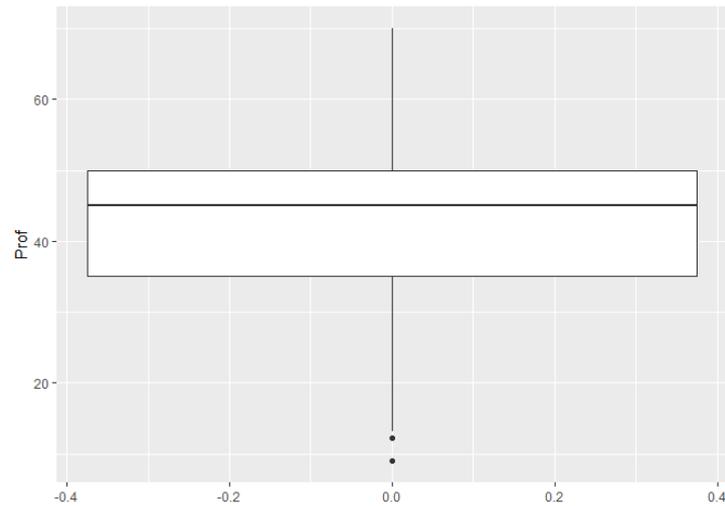
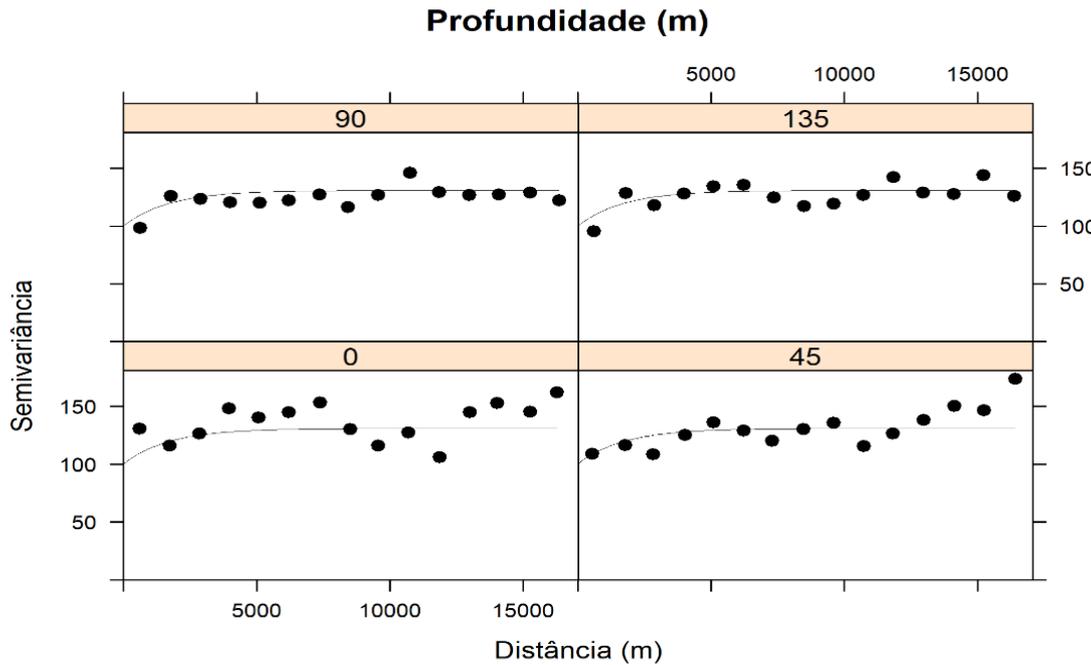


Figura 10 – Boxplot das profundidades



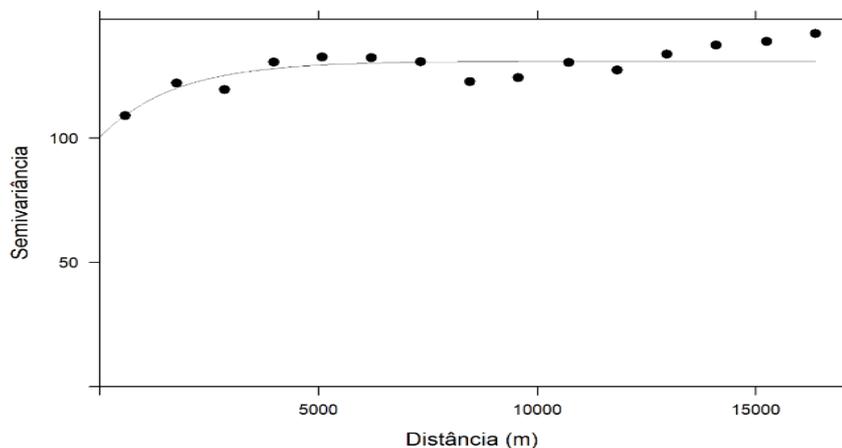
Na análise geoestatística, se faz necessário observar as direções dos semivariogramas (Fig. 11), para que em sequência seja determinado a direção mais recomendável na estruturação deste modelo. Em consonância com esta afirmação, percebe-se que as amostras exibem uma representação estável nas direções 90° e 135° .

Figura 11 – Semivariogramas experimentais das profundidades dos poços de Campina Grande – PB



O ajuste do semivariograma (Fig. 12) indicado desta variável classifica-se como exponencial, dispondo de uma distribuição regular dos dados, representados no modelo citado. Observa-se que há um efeito pepita em torno de 100,25 m, um patamar de 30,63 m, ou seja, não há mais dependência espacial a partir deste valor de patamar. Verifica-se também que o alcance atingido foi de 1704,52 m.

Figura 12 – Semivariograma da variável profundidade



O mapa de krigagem baseou-se nas estimativas dos valores distribuídos no espaço (Fig. 13) em relação à variável analisada, onde as cores claras indicam a concentração de medidas menores, e o oposto quando são escuras. Foi possível reconhecer um grau de concentração das maiores profundidades, 44,57 m a 53,22 m, em torno do seu centro e especificamente na malha urbana do município. Enquanto que as menores profundidades foram encontradas a sudoeste (SW), apresentando cotas que variam de 33,89 m a 40,37 m.

Os erros de estimativa representado pelo mapa de desvio-padrão (Fig. 14) aponta para uma uniformidade entre as cotas de observação da variável em análise, tendo as maiores dispersões dos valores, essencialmente, em direção às bordas da área, que variam de 11,22 a 11,44.

Figura 13 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico profundidade

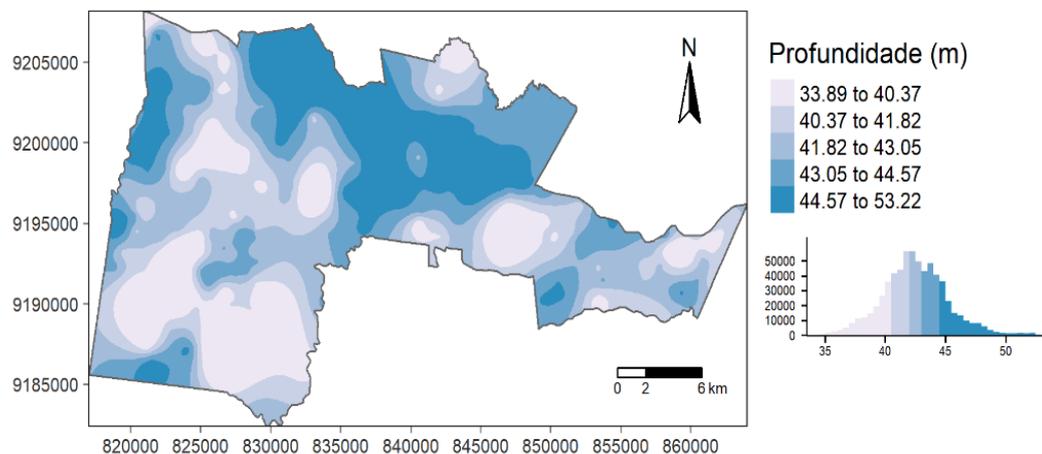
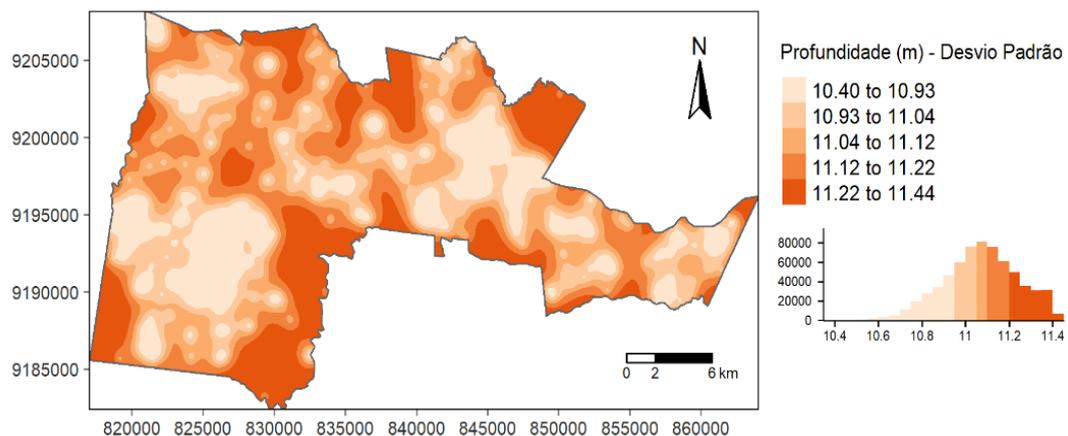


Figura 14 – Mapa de krigagem ordinária do desvio-padrão da profundidade dos poços de Campina Grande – PB



4.1.2 NÍVEL DINÂMICO

Os níveis dinâmicos dos poços artesianos da área de estudo apresentam uma média geral de 22,3 metros e o coeficiente de variação identificado está em torno de 10%, sendo assim os dados desta variável são homogêneos e com baixa dispersão. Percebe-se ainda, no comportamento do histograma de frequência (Fig. 15) uma distribuição regular dos dados. No teste de caixa (boxplot) ilustrado na figura 16 verifica-se que 50% dos valores estão entre 15,2 e 29 metros.

Figura 15 – Histograma de frequência representando a distribuição estatística dos níveis dinâmicos do município de Campina Grande – PB

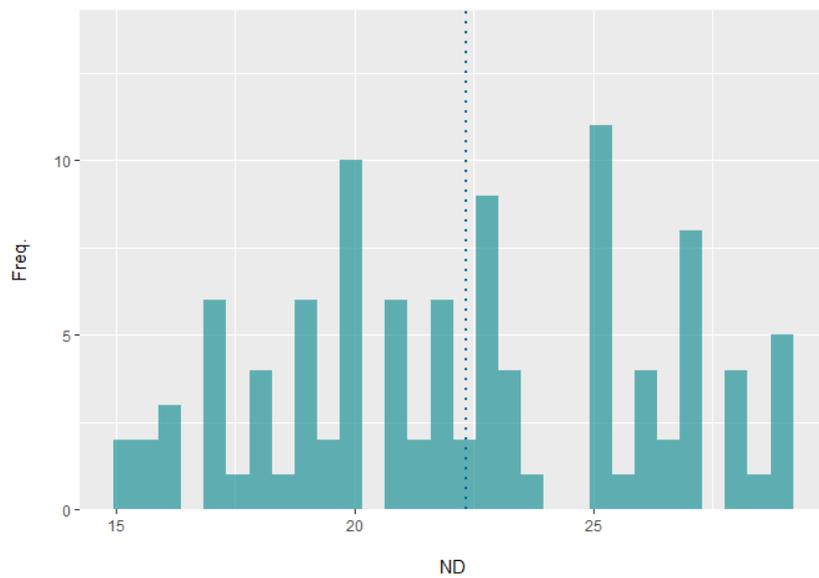
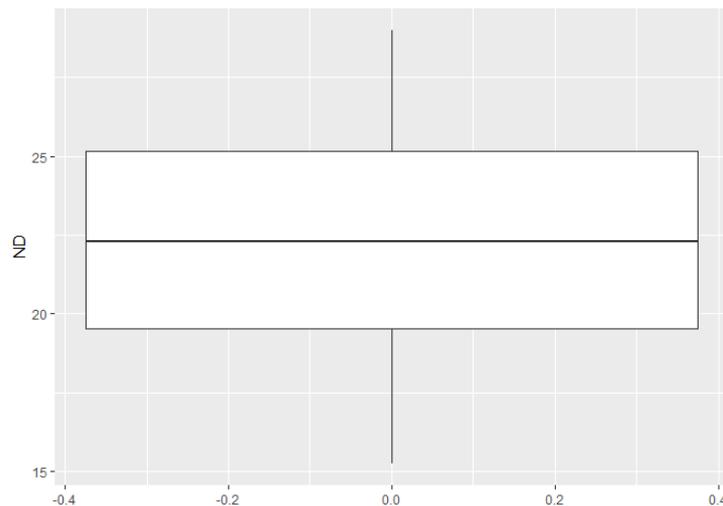
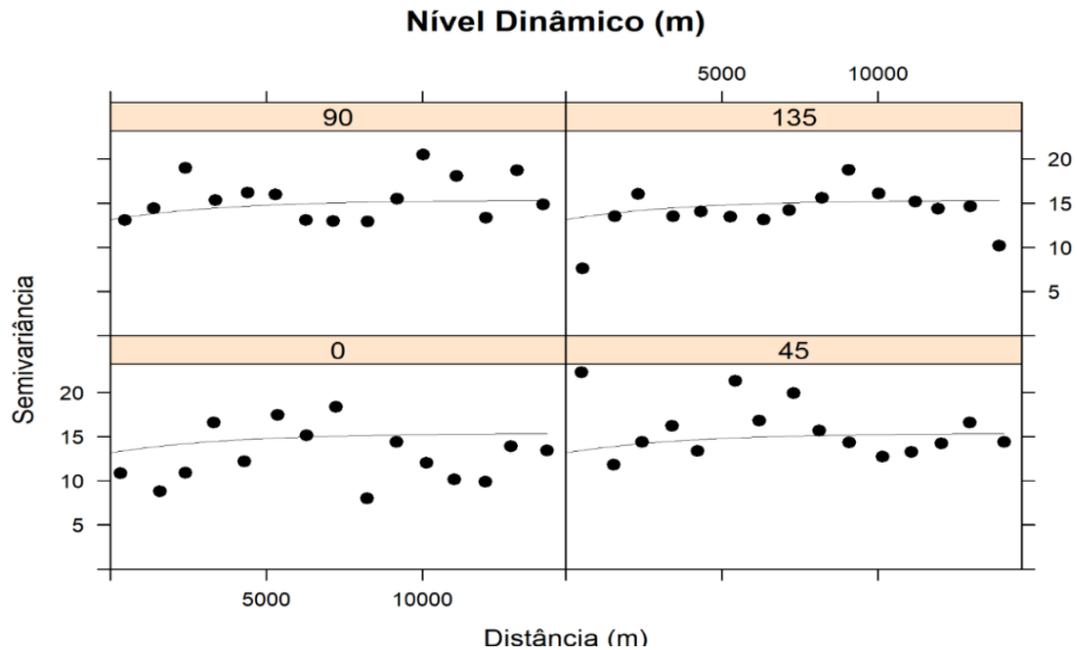


Figura 16 – Boxplot dos níveis dinâmicos



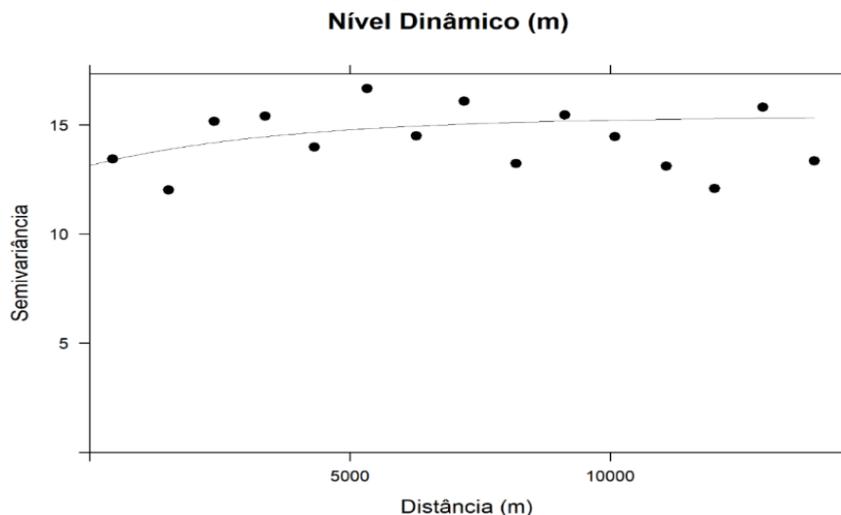
Os semivariogramas indicados acima, direcionados a 0° , 45° , 90° e 135° (Fig. 17), são fundamentais para se obter o modelo mais aconselhável a ser adotado na pesquisa. Desta forma, duas direções se enquadram melhor nesta análise, 90° e 135° , por apresentarem uma linearidade em torno das amostras, para assim satisfazer a krigagem.

Figura 17 – Semivariogramas experimentais dos níveis dinâmicos dos poços de Campina Grande – PB



Identificou-se que o modelo de ajuste mais adequado do semivariograma (Fig. 18) seria o exponencial. Conforme a análise realizada, o semivariograma dispõe de um efeito pepita próximo a 13,14 m com um patamar de 2,22 m, tendo um alcance em torno de 3.814,77 m. Diante disso, a variabilidade espacial dos dados se encontra com uma dependência moderada.

Figura 18 – Semivariograma da variável nível dinâmico



O mapa de estimação da krigagem (Fig. 19) considerou os valores atribuídos ao nível dinâmico dos poços de Campina Grande, compreendido entre 20,93 m a 24,11 m. Sendo assim, é possível observar que os níveis dinâmicos mais profundos se encontram preferencialmente entre a cota de 22,70m a 24,11m localizado na parte central do mapa, tendo na malha urbana uma concentração considerada desses níveis. Esta afirmação está ligada a menor infiltração da área pesquisada, devido a aspectos estruturais e físicos. As áreas mais superficiais estão aglomeradas na porção oeste (W), sudoeste (SW) e noroeste (NW) com valores que vão de 20,93 m a 21,97 m.

Percebe-se ainda, que as maiores dispersões dos dados estão dispostas nas bordas do mapa (Fig. 20), variando de 3,912 m para 3,965 m. Os parâmetros de maior confiabilidade estão regularmente distribuídos no espaço.

Figura 19 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico nível dinâmico

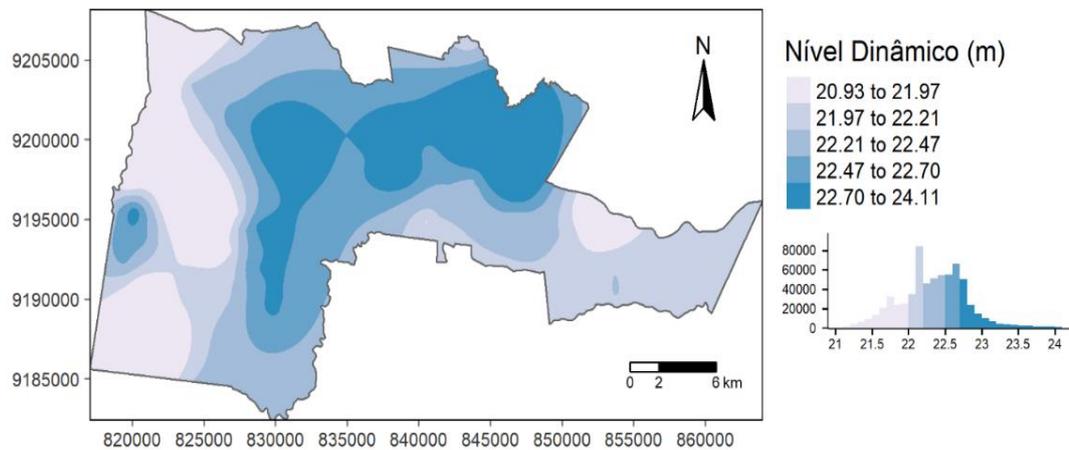
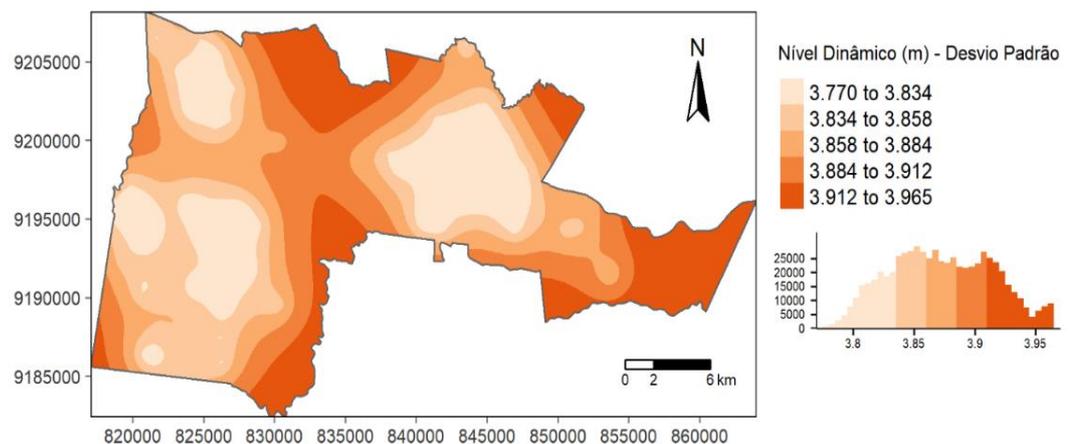


Figura 20 - Mapa de krigagem ordinária do desvio padrão do nível dinâmico dos poços de Campina Grande – PB



4.1.3 NÍVEL ESTÁTICO

A constante nível estático mostra uma média de 8,1 metros, sendo que 50% destes dados estão concentrados no patamar de 6 metros, ou seja, após a perfuração dos poços a água fica a esta profundidade da superfície. Esta variável aponta para uma assimetria positiva, de acordo com o histograma de frequência (Fig. 21), tendo uma alta de dispersão conforme o coeficiente de variação de 70%, logo os dados evidenciados desta variável apresentam uma heterogeneidade. Verificando o boxplot (Fig. 22) percebe-se que a maior parte dos dados estão aglutinados no intervalo de 4,5 a 15 metros.

Conforme Teixeira *et al.* (2008) o acompanhamento regular dos níveis estáticos de poços permite observar a variação do lençol freático através de informações, tais como: taxa e direção das águas subterrâneas, estado ou mudanças no armazenamento das águas subterrâneas e alterações no nível devido a exploração da água, quantidade, fonte, área de recarga.

Figura 21 – Histograma de frequência dos níveis estáticos dos poços artesanais de Campina Grande – PB

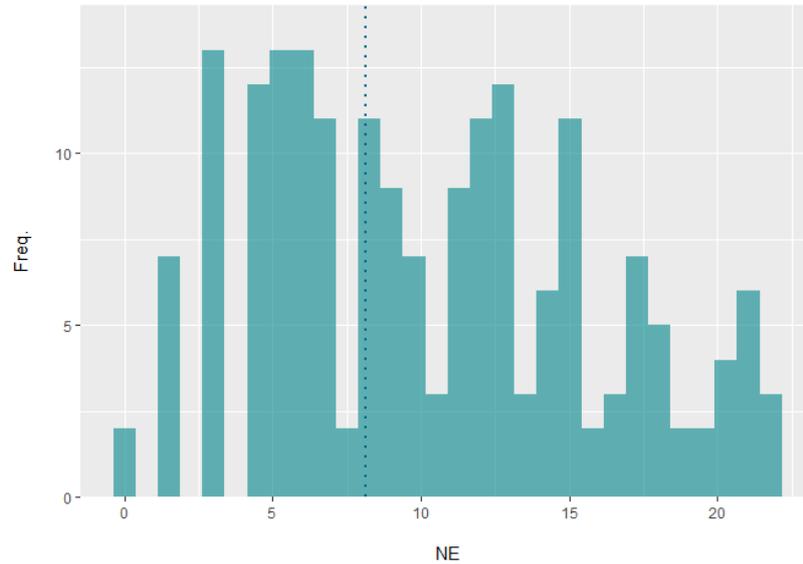
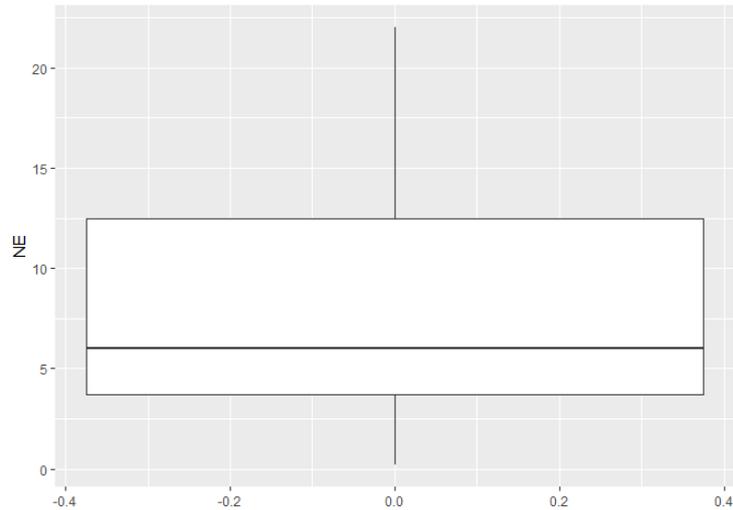
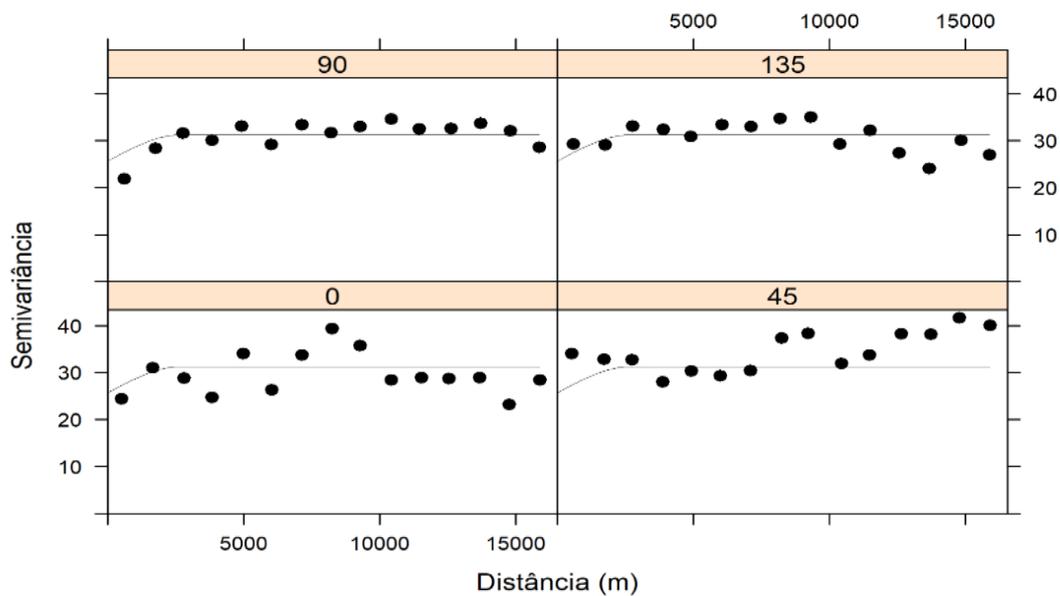


Figura 22 – Boxplot dos níveis estáticos

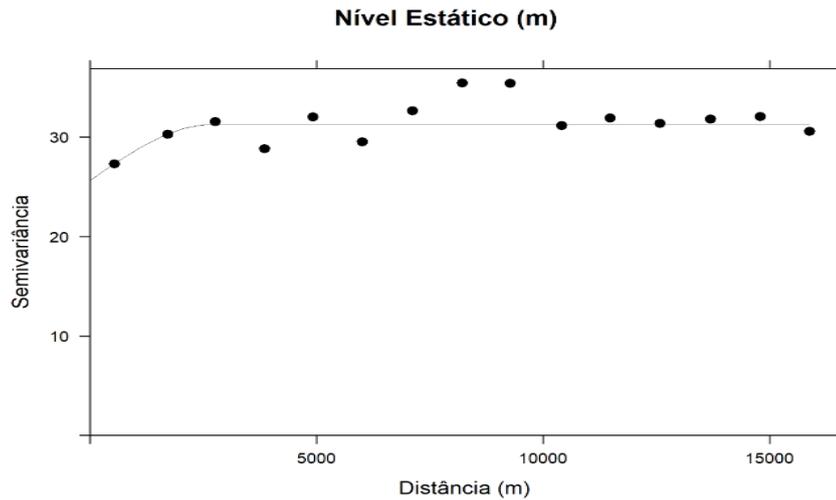


Verificando os semivariogramas (Fig. 23) da variável nível estático, observa-se que a análise acerca das modelagens que apresentam as melhores condições estão nas direções 90° e 135°, pois dispõem de parâmetros aceitáveis.

Figura 23 – Semivariogramas experimentais dos níveis estáticos dos poços de Campina Grande – PB
Nível Estático (m)



O semivariograma analisado (Fig. 24) foi ajustado para o modelo esférico, tendo um patamar próximo de 5,60 m, com um alcance girando em torno de 2.673,11 m e possuindo um efeito pepita de 25,65 m.

Figura 24 – Semivariograma da variável nível estático

Observando o mapa de krigagem (Fig. 25), baseado nos valores estimados para o nível estático que variam de 4,80 m a 12,50 m, compreende-se que há uma regularidade na distribuição dos dados. Identifica-se ainda, que as menores cotas desta variável estão concentradas, predominantemente na malha urbana do município, área com risco de contaminação devido às ações antrópicas, com níveis variando de 4,80 m a 7,59 m de profundidade. A sudoeste (SW) estão os níveis estáticos mais profundos compreendidos entre 8,65 m a 12,50 m.

Os desvios evidenciados (Fig. 26) variam de 5,27 m a 5,60 m, tendo as menores taxas encontradas na zona urbana, ou seja, os dados localizados nesta mancha possuem um maior grau de confiança.

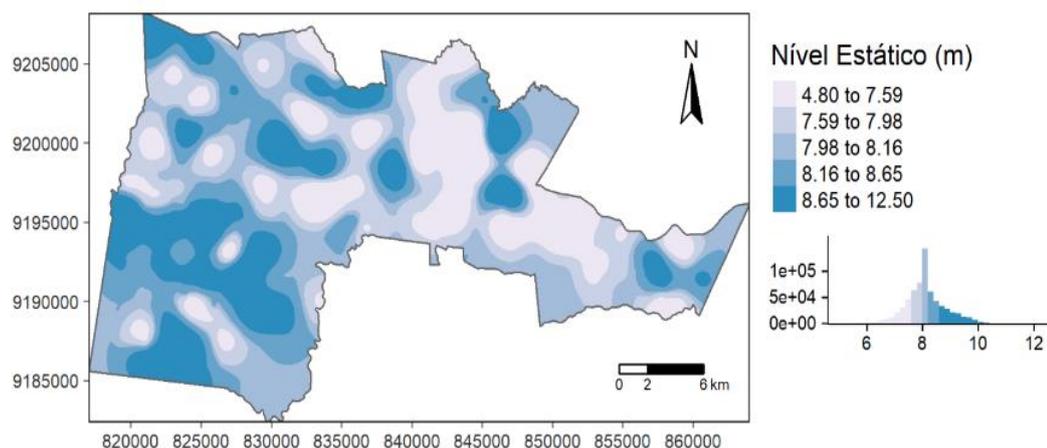
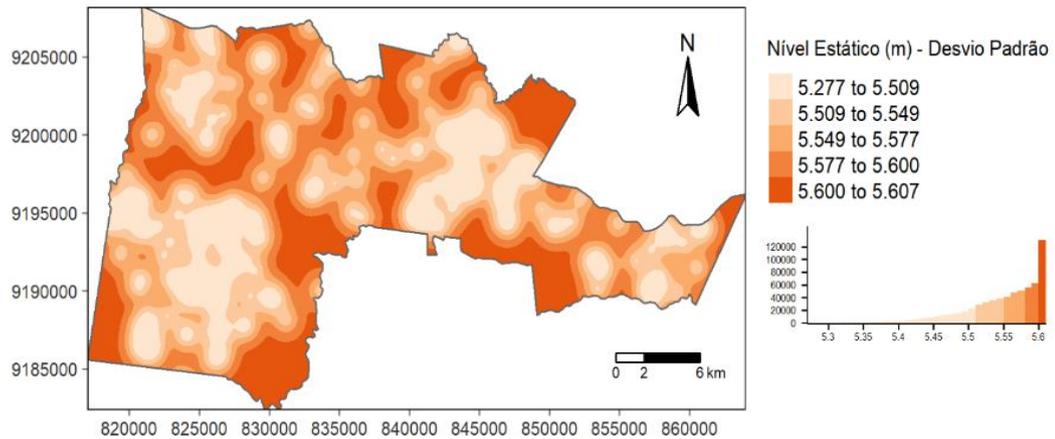
Figura 25 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico nível estático

Figura 26 - Mapa de krigagem ordinária do desvio padrão do nível estático dos poços de Campina Grande – PB



4.1.4 VAZÃO ESPECÍFICA

Nesta observação, a vazão específica registrou um valor médio de $0,02 \text{ m}^3/\text{h}$, e a distribuição das vazões identificadas, através do histograma (Fig. 27), apontam para uma distribuição assimétrica forte a direita e o coeficiente de variação em torno de 59% indicam que os dados apresentam uma alta dispersão. Aproximadamente 50% dos valores estão a $0,02 \text{ m}^3/\text{h}$ como pode ser visto no boxplot (Fig. 28).

Figura 27 – Histograma de frequência da vazão específica dos poços artesianos de Campina Grande – PB

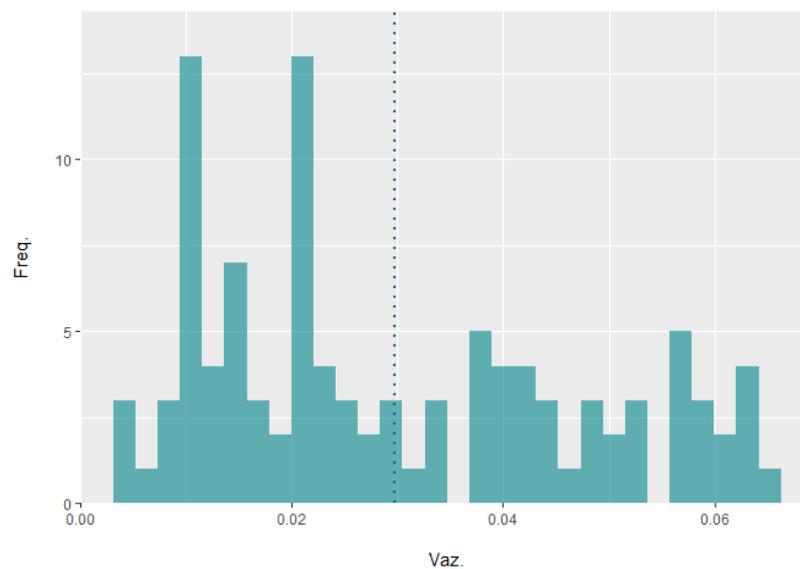
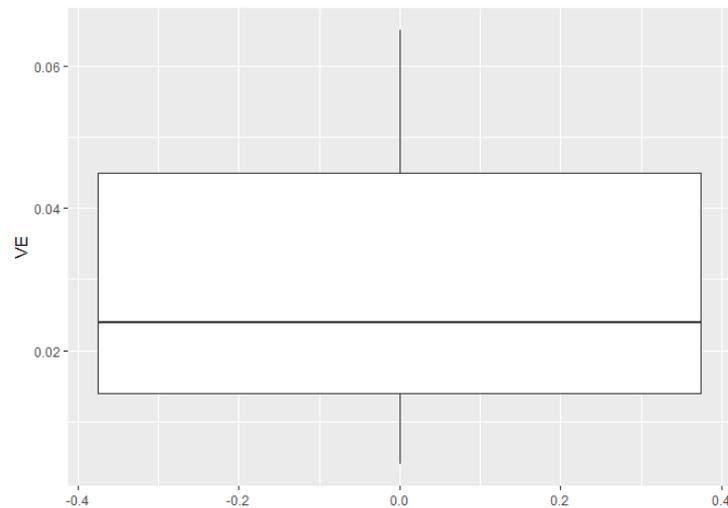


Figura 28 – Boxplot da vazão específica

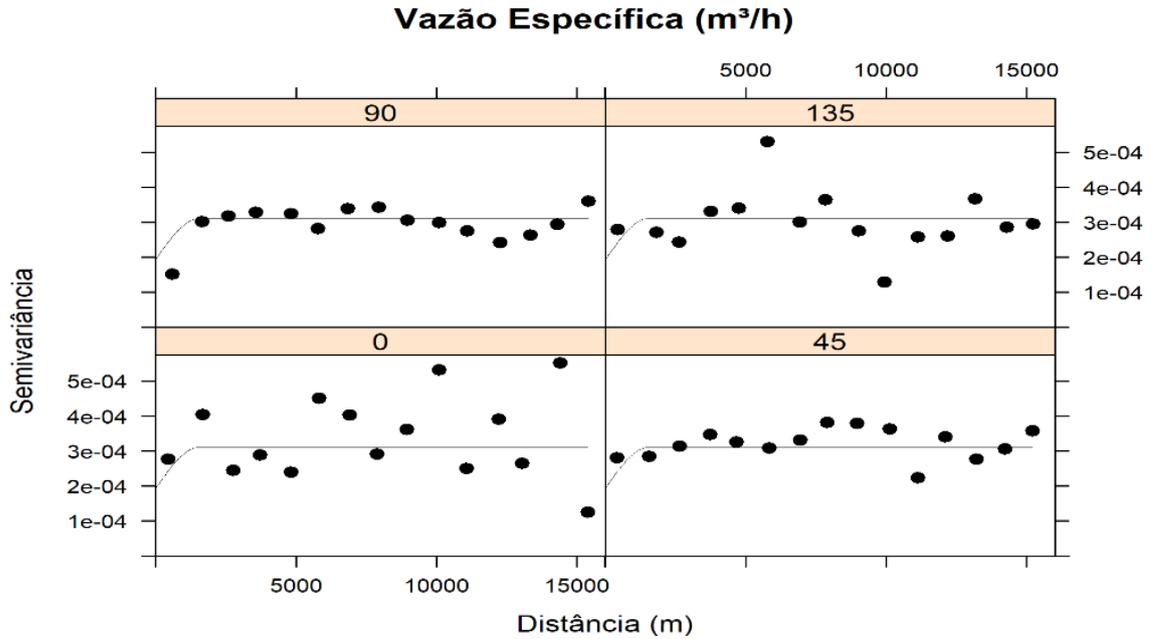
As vazões indicadas na pesquisa mostram que na área de estudo ocorre uma baixa produtividade, portanto não há garantia para abastecimento de água de maneira permanente, desta forma períodos de estiagem prolongados podem prejudicar práticas que necessitem deste recurso, pode ocasionar também a impermeabilização das áreas de recarga destes aquíferos e/ou exploração sem planejamento adequado.

Nesta conjuntura, o município de Campina Grande tem sofrido com crises hídricas constantes durante um intervalo de tempo considerável, e atualmente a principal fonte de abastecimento urbano de água está relacionado ao açude Eptácio Pessoa, conhecido como “açude Boqueirão”.

De acordo com Jovino (2016) o açude Boqueirão se encontra com as atividades comprometidas pela crescente demanda de água, que pode ser identificado por três fatores: aumento da população, diminuição do volume de chuvas e gestão inadequada dos recursos hídricos.

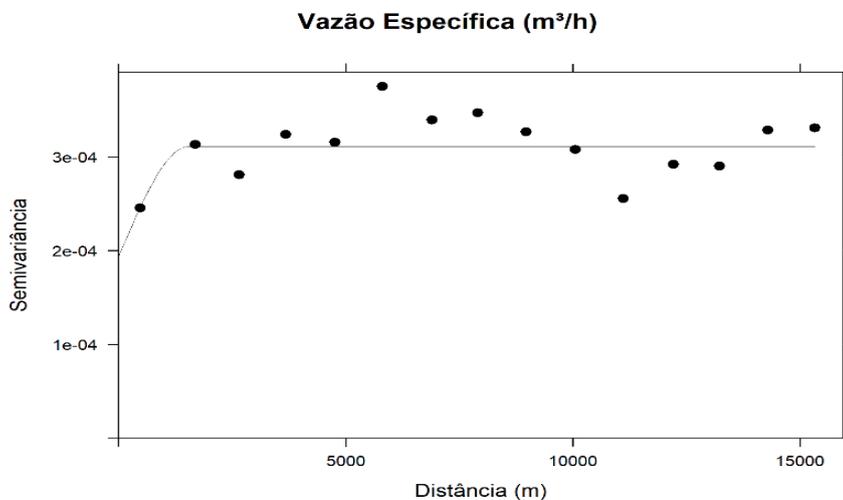
Os semivariogramas abaixo (Fig. 29) apresentam características geoestatísticas descritas graficamente acerca da variável vazão específica.

Figura 29 – Semivariogramas experimentais da vazão específica dos poços de Campina Grande – PB



O semivariograma da vazão específica (Fig. 30) foi determinado com um alcance de 1.538,23 m, sendo interpretado com um patamar de 0,0 e um efeito pepita em torno de 0,0 e o ajuste adequado do semivariograma da variável em análise foi o modelo esférico. Pode-se destacar ainda, que os dados observados dispõem de um comportamento heterogêneo.

Figura 30 – Semivariograma da vazão específica



O mapa de krigagem estabelecido (Fig. 31), demonstra que os índices indicados pela vazão específica gerada através dos poços artesanais de Campina Grande-PB, apontam para

uma baixa produtividade na porção central, estabelecendo uma dependência de outros meios de captação de água para garantir o abastecimento necessário para a zona urbana do município. É possível compreender ainda, que de maneira geral a baixa capacidade de produção dos poços é reconhecida pela geologia local, onde as fraturas são os espaços que as águas subterrâneas ocupam.

Os erros de krigagem ordinária evidenciados na área de estudo (Fig. 32) indicam que os parâmetros de maior confiabilidade se encontram na parte central do mapa assim como na porção sudoeste (SW) com valores compreendidos entre 0,014 a 0,017. Na direção sudeste (SE) verifica-se que há as maiores incertezas em relação à análise espacial da variável em destaque, visto que apresentam os maiores desvios.

Figura 31 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico vazão específica

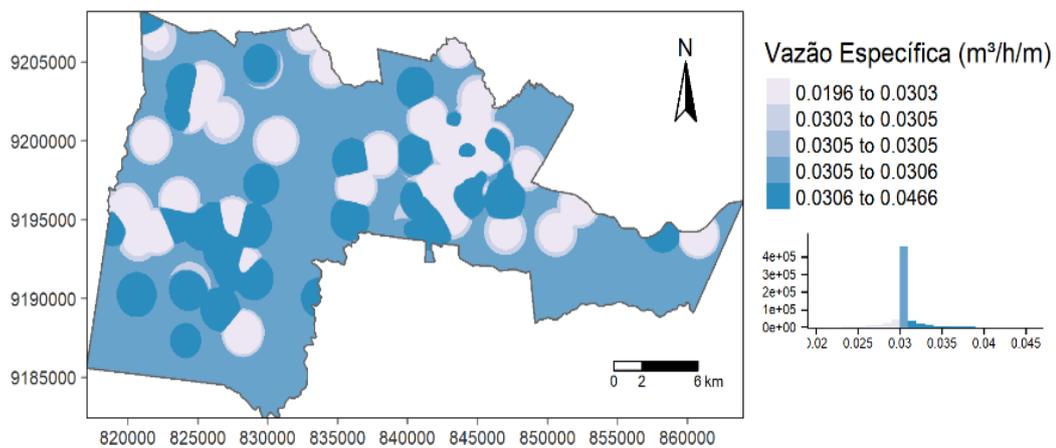
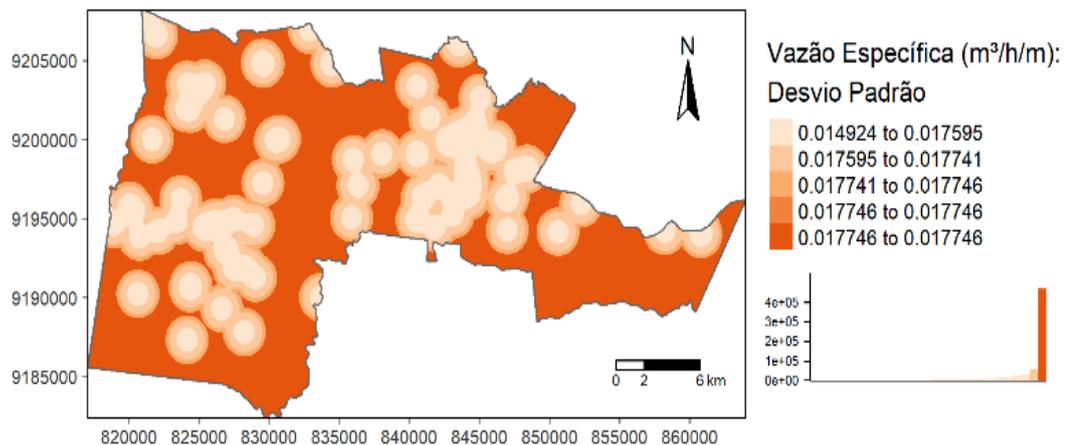


Figura 32 - Mapa de krigagem ordinária do desvio padrão da vazão específica dos poços de Campina Grande – PB



4.1.5 VAZÃO APÓS ESTABILIZAÇÃO

A vazão após estabilização dispõe de um valor médio em torno de $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$, com cerca de 100% dos valores situados no intervalo entre $0,03$ e $4,9 \text{ m}^3/\text{h}$, tendo um coeficiente de variação de 80%, ou seja, observa-se uma considerável variabilidade dos dados, como ilustrado no histograma de frequência (Fig. 33) que é classificado como uma distribuição assimétrica forte a direita. A mediana pode ser identificada no boxplot (Fig. 34), considerando 50% dos valores identificados, sendo assim o valor central da distribuição estatística corresponde a $1 \text{ m}^3/\text{h}$.

Figura 33 – Histograma de frequência da vazão após estabilização dos poços artesianos de Campina Grande – PB

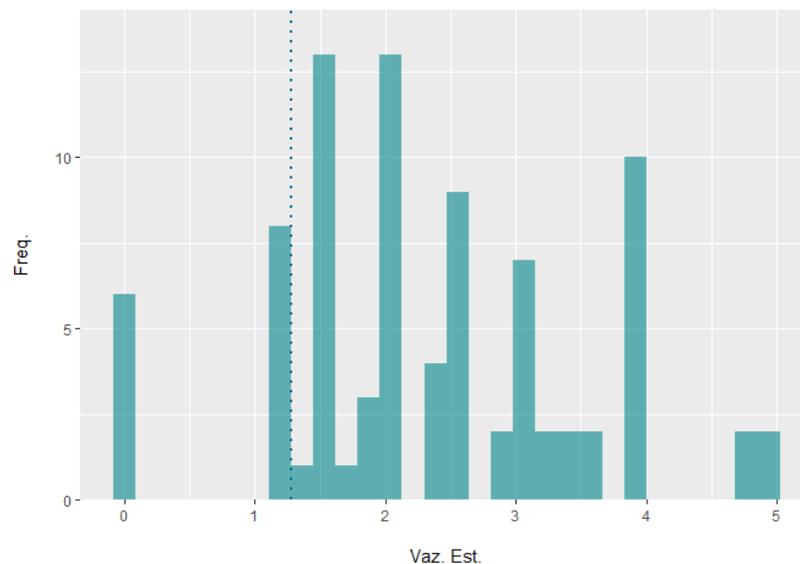
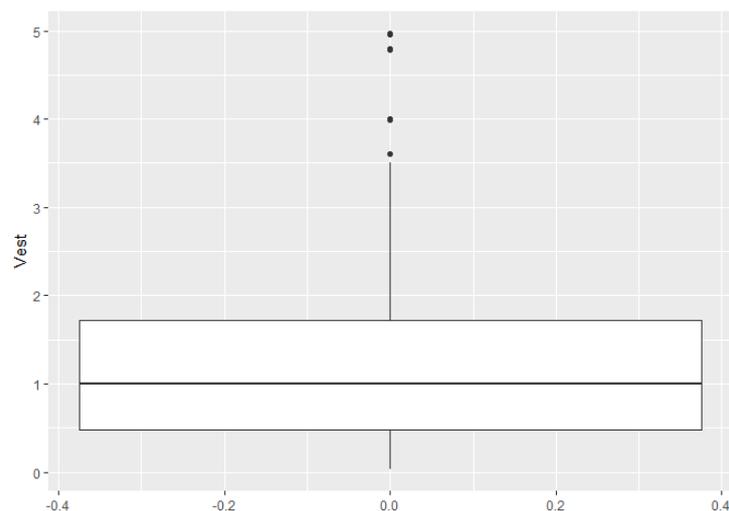
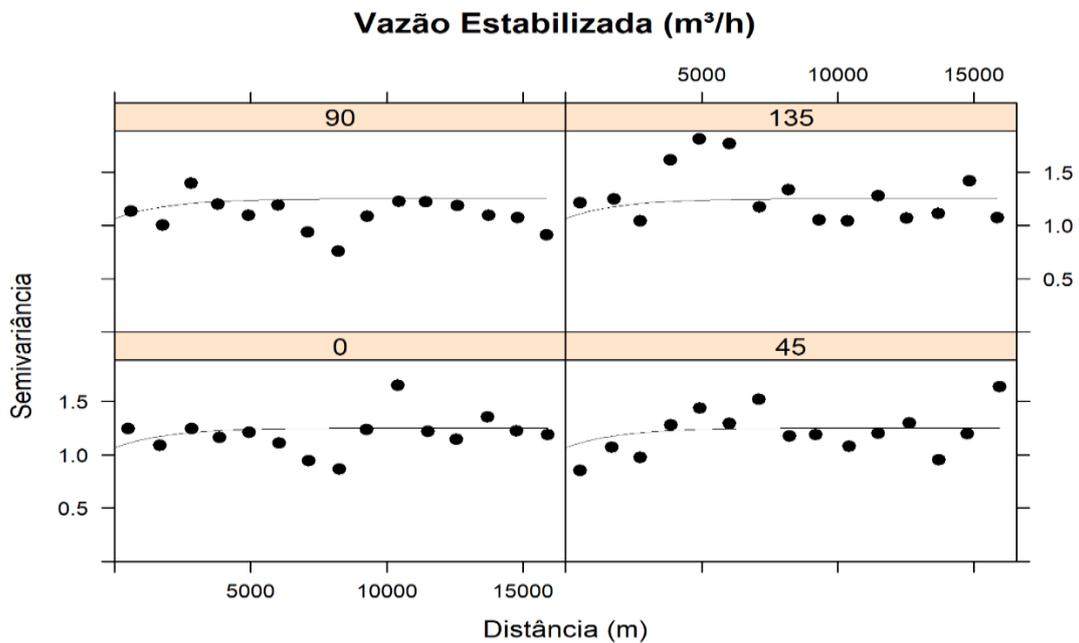


Figura 34 – Boxplot da vazão após estabilização



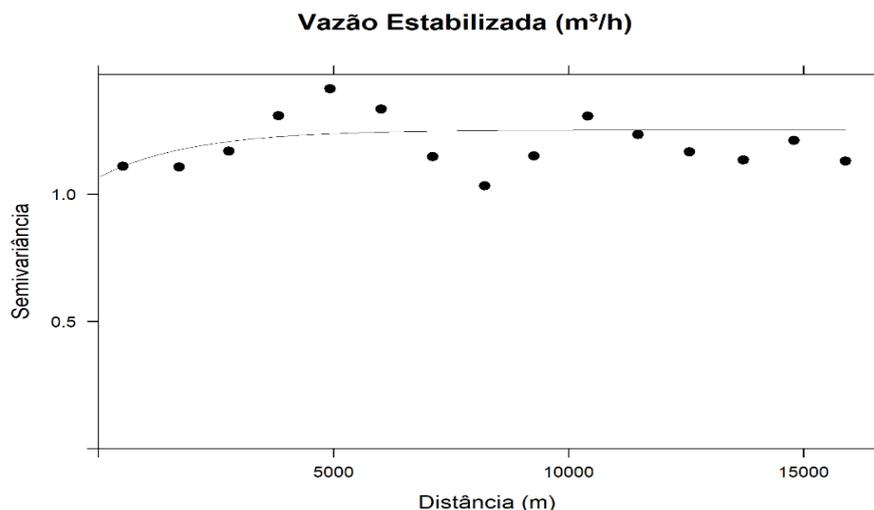
As direções destacadas nos semivariogramas abaixo (Fig. 35) são caracterizadas nas direções 0° , 45° , 90° e 135° , apresentando aspectos importantes para compreensão geoestatística dos dados distribuídos espacialmente.

Figura 35 – Semivariogramas experimentais da vazão após estabilização dos poços de Campina Grande – PB



Os indicadores do modelo teórico para a vazão estabilizada, estabelecendo o número suficiente de pares de amostra, indicam as seguintes características: alcance 1984,79 m, patamar de 0,18 m e efeito pepita de 1,06 m. O ajuste do semivariograma (Fig. 36), considerando os parâmetros estabelecidos, classifica-se como exponencial.

Figura 36 – Semivariograma da vazão após estabilização



O comportamento da variável vazão estabilizada identificado no mapa estimado da krigagem (Fig. 37), demonstra que os níveis mais superficiais encontram-se, principalmente, a oeste (W) que variam de 0,78 para 1,12 do município analisado, a sudoeste (SW) há uma concentração considerável dos maiores valores, de 1,39 a 1,93.

As maiores dispersões dos dados estão evidenciadas no mapa de desvio padrão (Fig. 38), com destaque para as extremidades do município, variando de 1,11 para 1,12.

Figura 37 – Mapa de krigagem ordinária do índice hidrodinâmico vazão após estabilização

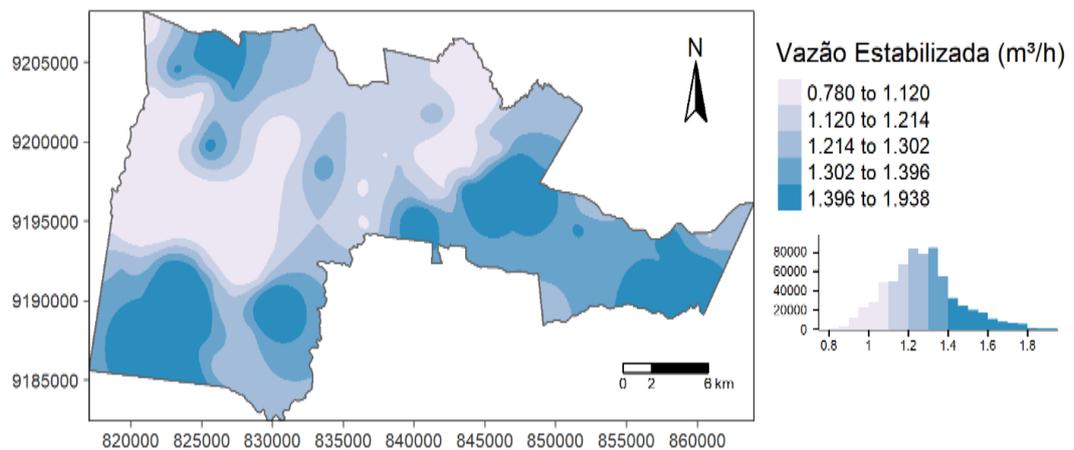
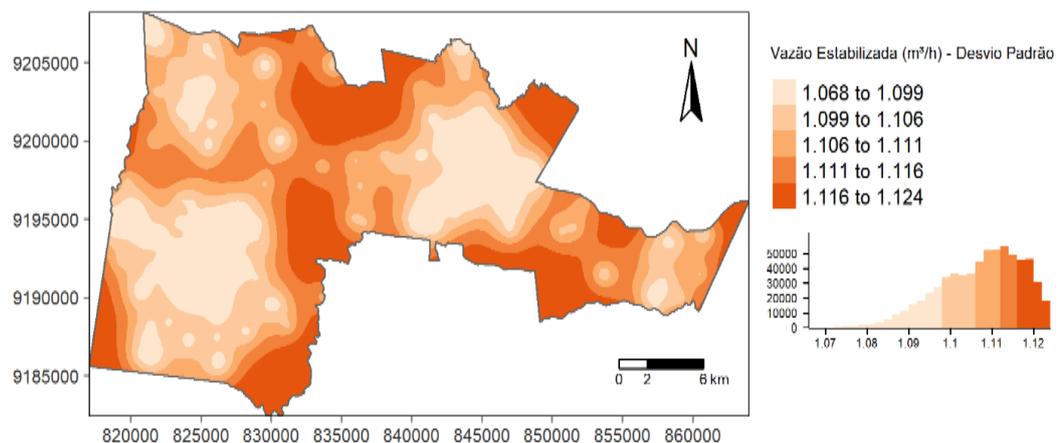


Figura 38 - Mapa de krigagem ordinária do desvio padrão da vazão após estabilização dos poços de Campina Grande – PB



Tendo em vista as análises destacadas, as imagens abaixo (Fig. 38 e 39) descrevem um panorama da superfície terrestre do município de Campina Grande, considerando as características físicas e estruturais deste território.

Figura 39 – Visão a Sul do Município de Campina Grande com destaque para o açude de Bodocongó localizado nas proximidades do campus I da Universidade Estadual da Paraíba, com orientação S 07° 12' 31.6" e O 35° 54' 56.8"



Fonte: Ivanildo Silva (2019)

Figura 40 – Visão a norte do Município de Campina Grande com ênfase na verticalização que se acentua na área em questão, fotografia registrada do Hotel Village Premium localizado a S 07° 14' 15.2" e O 35° 52' 8.1"



Fonte: Ivanildo Silva (2019)

Observando as figuras acima, percebe-se que o avanço urbano, influenciado principalmente pela especulação imobiliária da área pesquisada, pode determinar um risco relacionado à conservação dos recursos naturais. As águas superficiais e subterrâneas estão inseridas neste contexto, e podem sofrer frequentes ameaças de acordo com as interferências antrópicas, geradas pela falta de planejamento, que pode ser identificado, por exemplo, nas moradias irregulares, em áreas de risco e suscetíveis à contaminação.

Araújo *et al.* (2011) ressalta que o município de Campina Grande tem apresentado uma rápida e desordenada expansão no decorrer das últimas décadas, esse fato pode ser verificado no crescimento de caráter misto da referida área, ou seja, a ampliação da mancha urbana que é caracterizada pela expansão horizontal, e o grande número de edifícios residenciais, que é reflexo do crescimento vertical.

5 CONCLUSÃO

Em síntese, este trabalho pôde auxiliar de alguma forma com os aspectos sociais, ambientais, econômicos e demais áreas da sociedade, tendo a sustentabilidade como referência. Tendo isso em vista, ressalta-se que a abordagem indicada dimensiona a importância dos dados espaciais em estudos geográficos.

Considerando a análise hidrogeológica e geoestatística da pesquisa em questão, pode-se inferir que a exposição dos dados aqui referendados, de maneira sistemática, permite uma eficiente administração dos recursos hídricos subterrâneos, com ênfase em estratégias que possam colaborar eficazmente para proteção e planejamento das águas subterrâneas. Com isso, estas medidas podem proporcionar o incentivo de práticas preventivas e meios de garantir o aproveitamento para os diferentes fins, observando os elementos geográficos da região e suas características físicas, pois tratam-se de aquíferos fissurais, encontrados em rochas cristalinas pré-cambrianas.

Para facilitar ações desta envergadura, vale salientar que o mapeamento geotécnico através do aproveitamento de coordenadas geográficas facilita intervenções de natureza hídrica no subsolo, visto que a análise das variáveis profundidade, nível dinâmico e estático, vazão específica e após estabilização, contempla informações fundamentais de caráter técnico que pode servir de referência para usuários públicos e privados.

Este trabalho contempla ainda, elementos quantitativos, com a finalidade de proporcionar e servir de base para futuros estudos e pesquisas, vislumbrando alguma contribuição científica em relação ao conhecimento dos mananciais hídricos da área analisada, até então pouco investigados através do mesmo enfoque.

Logo, pode-se concluir que a partir dessa proposta é possível compreender que o aprofundamento na análise dos reservatórios das águas subsuperficiais, do município em foco, possibilita uma gestão integrada com os diversos setores organizados responsáveis pelos reservatórios hídricos subterrâneos deste território.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. L. de; RUFINO, I. A. A. R.; LUNGUINHO, R. L. Análise da expansão urbana versus o comportamento da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB através de imagens de satélite. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

BACCI, D. de La C.; PATACA, E. M. Educação para a Água. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

BELTRÃO, B. A *et al.* Diagnóstico do município de Campina Grande, estado da Paraíba. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTÍNEZ, F. Introdução à estatística: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS. Porto Alegre: Artmed, 2004.

BORGES, B. L. M. Simplificando a estatística: coletânea de textos didáticos. Campina Grande: EDUEP, 2003.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília, 2011.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Águas Subterrâneas: O que são? Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>. Acesso em: 13 Set. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Águas Subterrâneas: um recurso a ser reconhecido e protegido. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília, 2007.

BRUNI, J.C. A Água e a Vida. TEMPO SOCIAL, Rev. Sociologia Usp. São Paulo, 1993.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE. São José dos Campos, 2001.

CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: Fundamentos e Aplicações. In: CÂMARA, G. & MEDEIROS, J.S. eds. Geoprocessamento para projetos ambientais. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf. Acesso em: 20/01/2019.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (2001). Resolução nº. 15, de 11 de janeiro de 2001. Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas. Brasília.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (2008). Resolução nº. 92, de 5 de novembro de 2008. Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro. Brasília.

DEMETRIO, J. G. A. *et al.* (Org.). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3ª. ed. rev. e ampl., Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008.

FEITOSA, F.A.C.; DINIZ, J.A.O. Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira. In: II Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, 2011.

FERNANDES, T. T. Krigagem Indicativa para elaboração de mapas probabilísticos em agricultura de precisão. Botucatu, 2014.

FILHO, J. M. *et al.* (Org.). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3ª. ed. rev. e ampl., Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008.

FREEZE, A. R.; CHERRY, J. A. Água Subterrânea. São Paulo, 2017.

GALVÃO, M. J. da T. G. *et al.* Projeto Campina Grande: alternativas para abastecimento por águas subterrâneas na Região de Campina Grande com indicações de potencial hidrogeológico. Recife: CPRM, 2017.

GIRALDI, A. A água que ninguém vê. Unespciência. São Paulo, 2013.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A.V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. Para Entender a Terra. 6 ed. Bookman. Porto Alegre, 2013.

GUEDES, T.; MARTINS, A.B.T. e ACORSI, C.R.L. Estatística descritiva. Disponível em: http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_et_al_Estatistica_Descritiva.pdf. Acesso em: 12 de março 2019.

GUERRA, P. A. G. Geoestatística Operacional. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Brasília-DF, 1988.

GUIMARÃES, E. C. Geoestatística básica e aplicada. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2004.

HENRIQUE, F. de A. N. Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande. Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

HIRATA, R. *et al.* A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. Instituto Trata Brasil. São Paulo, 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias. Rio de Janeiro. 2017.

JOVINO, J. K. O. A crise hídrica e o colapso no abastecimento de água em Campina Grande - PB. Trabalho de Conclusão de Curso – UEPB. Campina Grande, 2016.

LANDIM, P.M.B. Sobre Geoestatística e mapas. Terræ Didatica, 2006.

_____.;MONTEIRO, R. C. e CORSI, A.C. Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER. DGE, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 08. 2002.

_____. Análise estatística de dados geológicos. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998 – (Ciência e tecnologia).

LINDNER, A. Análise desagregada de dados de demanda por transporte através de modelagem geoestatística e tradicional. São Carlos, 2015.

LISBOA FILHO, J. Modelagem de Bancos de Dados Geográficos. In: Ladeira M. & Nascimento M.E.M. (eds.). III Escola Regional de Informática do Centro-Oeste. Brasília, 2000.

LOUSADA, E. O.; CAMPOS, J. E. G. Proposta de Modelos Hidrogeológicos Conceituais Aplicados aos Aquíferos da Região do Distrito Federal. Revista Brasileira de Geociências. Brasília, 2005.

MEDEIROS, C. M. *et al.* Qualidade das águas subterrâneas na porção sedimentar da região do baixo curso do rio Paraíba. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

MORAES, L. L. de. CNARH – Dados do Poço. Agência Nacional de Águas. Brasília, 2016.

NOVAIS, W. M. Geoestatística e modelagem numérica aplicada à classificação de maciço rochoso pelo sistema RMR: Barragem de Itaipu / Wellington Martins Novais. – São Paulo, 2017.

OLIVEIRA, C. P. de. Águas Subterrâneas – fontes legais e seguras de abastecimento. Caderno Técnico ABAS nº. 5. São Paulo, 2012.

OLIVEIRA, P. F. de; GUERRA, S.; MCDONNELL, R. Ciência de dados com R: Introdução. Editora IBPAD. Brasília, 2018.

PEREIRA, A. B. dos S. Caracterização geoambiental urbana da bacia hidrográfica do riacho das piabas em Campina Grande-PB. Trabalho de Conclusão de Curso – UEPB. Campina Grande, 2012.

PINTO-COELHO, R. M.; HAVENS, K. Crise nas Águas. Educação, ciência e governança, juntas, evitando conflitos gerados por escassez e perda da qualidade das águas. Editora Recóleo, 1ª ed. Belo Horizonte, 2015.

POTT, C. M., ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. *Estudos Avançados*, 31(89), p. 271-283, 2017. Recuperado de <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/132431>.

ROCHA, A. C. B. da. *A Geoestatística Aplicada à Avaliação e Caracterização de Reservatórios Petrolíferos*. Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande, 2005.

ROSA, R. Análise Espacial em Geografia. *Revista da ANPEGE*, v. 7, n. 1, número especial, Uberlândia, 2011.

_____. *Introdução ao Geoprocessamento*. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2013.

SILVA, B. F. da; DINIZ, J.; BORTOLUZZI, M. A. *Minicurso de Estatística Básica: Introdução ao Software R*. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

STURARO, J. R. *Apostila de Geoestatística Básica*. UNESP/campus de Rio Claro Departamento de Geologia Aplicada – IGCE, 2015.

TEIXEIRA, Z. A. *et al.* Monitoramento dos níveis estáticos de poços do perímetro irrigado de morada nova – Ceará, Brasil. XV Congresso de Águas Subterrâneas. São Paulo, 2008.

USGS. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *O Ciclo da Água*. Disponível em: <https://water.usgs.gov/edu/watercycleportuguese.html>. Acesso em: 14 Set. 2019.

ZOBY, J.L.G.; MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Agência Nacional de Águas. Anais. Florianópolis: ABAS, 2002.

ANEXO

**ANEXO A – PLANILHA DOS DADOS DOS ÍNDICES HIDRODINÂMICOS DOS
POÇOS DE CAMPINA GRANDE-PB**

| Lat. Dec. | Long. Dec. | PROF. | ND | NE | VE | VEST |
|------------------|-------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| -7,26917 | -36,035 | 28 | 20 | 13 | 0,14 | 1,01 |
| -7,19694 | -36,0528 | 55 | | | | |
| -7,35444 | -36,0442 | 13,2 | 8 | 4 | 0,12 | 0,479 |
| -7,31944 | -36,0469 | 15 | 7 | 3 | 1,98 | 7,92 |
| -7,27556 | -36,0217 | 20 | 14 | 5 | 0,11 | 1 |
| -7,2775 | -36,0536 | 21,65 | 21,65 | 13 | 0,02 | 0,19 |
| -7,34056 | -36,0458 | 22 | 6 | 4,2 | 4 | 7,2 |
| -7,31083 | -36,0747 | 20 | 11 | 8 | 0,83 | 2,5 |
| -7,28917 | -36,0581 | 13,3 | 10 | 4 | 0,2 | 1,19 |
| -7,2775 | -36,05 | 50 | | | | 0,18 |
| -7,26528 | -36,0969 | 29,85 | 10 | 2,5 | 0,86 | 6,44 |
| -7,16667 | -36,0869 | 58 | 50 | 14 | 0,03 | 1 |
| -7,18778 | -36,0739 | 43,3 | 18,5 | 3 | 0,23 | 3,49 |
| -7,19778 | -36,0378 | 27,5 | 20 | 12 | 0,3 | 2,38 |
| -7,27306 | -36,035 | 53 | 45 | 5 | 0,01 | 0,47 |
| -7,32028 | -36,0608 | 45 | 8 | 4 | 1,24 | 4,97 |
| -7,31139 | -36,0411 | 15,7 | 15 | 8 | 0,26 | 1,8 |
| -7,27389 | -36,0458 | 8 | | | | |
| -7,16833 | -36,0936 | 30 | 19 | 15 | 0,2 | 0,79 |
| -7,15528 | -36,0914 | 24 | 18 | 8 | 0,06 | 0,6 |
| -7,31611 | -36,0967 | 24,9 | 15 | 0 | 0,065 | 0,97 |
| -7,18417 | -36,0167 | 50 | 30 | 4 | 0,03 | 0,8 |
| -7,275 | -36,1111 | 50 | | | | |
| -7,29444 | -36,0211 | 50 | | | | |
| -7,31528 | -36,05 | 50 | 7,14 | 6,4 | 0,89 | 0,66 |
| -7,18389 | -36,0164 | 50 | | | | |
| -7,26944 | -36,1017 | 50 | 25,15 | 21,1 | 0,02 | 0,07 |
| -7,27778 | -36,05 | 50 | 26 | 13,89 | 0,04 | 0,5 |
| -7,26889 | -36,1 | 50 | 25,15 | 21,1 | 0,02 | 0,08 |
| -7,17472 | -36,035 | 50 | | | | |
| -7,35417 | -36,0889 | 50 | | | | |
| -7,35167 | -36,0889 | 48 | 17,31 | 15,24 | 1,2 | 2,48 |
| -7,34 | -36,0919 | 33 | 5,6 | 3,88 | 5,58 | 9,6 |
| -7,28333 | -36,0958 | 50 | 25 | 4,45 | 0,02 | 0,5 |
| -7,175 | -36,0542 | 30 | 19 | 15 | 0,198 | 0,79 |
| -7,3375 | -36,0278 | 51,5 | 51 | 12,5 | 0,005 | 0,18 |
| -7,21806 | -36,05 | 27,5 | 20 | 12 | 0,296 | 2,37 |
| -7,33778 | -36,0278 | 13,3 | 10 | 4 | 0,197 | 1,18 |
| -7,32083 | -36,0111 | 13,2 | 8 | 4 | 1,195 | 4,78 |
| -7,26667 | -36,0306 | 50 | | | | 0,18 |

| | | | | | | |
|----------|----------|-------|------|------|-------|------|
| -7,19583 | -36,0661 | 53 | | | | |
| -7,19611 | -36,0661 | 38 | | | | |
| -7,28889 | -36,0667 | 14,9 | | | | |
| -7,22083 | -35,8792 | 31 | 7,5 | 3 | 0,662 | 2,98 |
| -7,22111 | -35,8792 | 203 | | | | |
| -7,22139 | -35,8792 | 32,5 | 29 | 12 | 0,086 | 1,47 |
| -7,22167 | -35,8792 | 28 | 28 | 10 | 0,01 | 0,18 |
| -7,22194 | -35,8792 | 62 | 62 | 4,5 | 0,034 | 1,98 |
| -7,25 | -35,8833 | 67 | 67 | 45 | 0,042 | 0,93 |
| -7,24889 | -35,8833 | 43,5 | 10 | 3 | 0,139 | 0,97 |
| -7,25556 | -35,8833 | 31,5 | | | | 3,49 |
| -7,24944 | -35,8833 | 61,5 | 61,5 | 22 | 0,04 | 1,58 |
| -7,25889 | -35,8833 | 86,6 | 60 | 12 | 0,049 | 2,37 |
| -7,25694 | -35,8833 | 59 | 22,5 | 4,5 | 0,066 | 1,18 |
| -7,24806 | -35,8833 | 52,5 | 49 | 5 | 0,033 | 1,47 |
| -7,27222 | -35,9167 | 24 | 7 | 2 | 0,798 | 3,99 |
| -7,2725 | -35,9167 | 84,4 | 69 | 6 | 0,017 | 1,04 |
| -7,27278 | -35,9167 | 42 | 40 | 7,5 | 0,045 | 1,47 |
| -7,27306 | -35,9167 | 26,3 | 14 | 10 | 0,745 | 2,98 |
| -7,27333 | -35,9167 | 19,2 | 17 | 9 | 0,45 | 3,6 |
| -7,27361 | -35,9167 | 50,6 | 20 | 5 | 0,398 | 5,97 |
| -7,27083 | -35,9583 | 31,5 | | | | |
| -7,17083 | -35,8903 | 29 | 19 | 3 | 0,049 | 0,79 |
| -7,17111 | -35,8903 | 23 | 23 | 2 | | 0,03 |
| -7,17139 | -35,8903 | 30 | 20 | 1 | 0,104 | 1,98 |
| -7,17167 | -35,8903 | 45 | 45 | 7 | 0,004 | 0,14 |
| -7,17194 | -35,8903 | 83 | | | | 0,07 |
| -7,22111 | -35,8667 | 40 | 30 | 20 | 0,248 | 2,48 |
| -7,22889 | -35,8667 | 84 | 84 | 13 | 0,011 | 0,79 |
| -7,23194 | -35,8667 | 35 | 29 | 4 | 0,018 | 0,46 |
| -7,24389 | -35,8583 | 50,5 | | | | 3,99 |
| -7,25306 | -35,8583 | 35 | 25 | 20,5 | 0,887 | 3,99 |
| -7,25806 | -35,8583 | 40 | 25 | 0 | 0,198 | 4,96 |
| -7,265 | -35,8583 | 30 | | | | 3,99 |
| -7,27389 | -35,8583 | 16 | 9 | 3 | 0,995 | 5,97 |
| -7,27806 | -35,8583 | 25 | 25 | 1,4 | 0,024 | 0,57 |
| -7,28306 | -35,8583 | 21,45 | 8,5 | 0 | 0,702 | 5,97 |
| -7,28889 | -35,8542 | 44,2 | | | | |
| -7,2125 | -35,9083 | 70 | | | | |
| -7,21278 | -35,9083 | 181 | 34 | 0 | 0,117 | 3,99 |
| -7,21306 | -35,9083 | 18,5 | | | | |
| -7,18333 | -35,9722 | 65 | 45 | 4 | 0,024 | 0,97 |
| -7,18361 | -35,9722 | 60 | 50 | 2 | 0,02 | 0,97 |
| -7,24306 | -35,8458 | 39 | 39 | 4 | 0,013 | 0,46 |
| -7,24333 | -35,8458 | 41 | 41 | 2,5 | 0,038 | 1,47 |

| | | | | | | |
|----------|----------|------|-------|-------|-------|------|
| -7,24361 | -35,8458 | 40 | 4 | 1 | 0,6 | 1,8 |
| -7,27917 | -35,8292 | 27,5 | 8 | 4 | 1,368 | 5,47 |
| -7,27917 | -35,7333 | 57 | 45 | 6 | 0,012 | 0,46 |
| -7,27944 | -35,7333 | 73 | 70 | 14 | 0,014 | 0,79 |
| -7,27972 | -35,7333 | 15,3 | 7 | 4 | 2,663 | 7,99 |
| -7,30417 | -35,8261 | 50 | | | | |
| -7,27472 | -35,9522 | 50 | 37 | 2 | 0,001 | 0,05 |
| -7,20667 | -36,0175 | 31 | 13,78 | 8,52 | 0,19 | 1,02 |
| -7,22694 | -36,0058 | 50 | 30,78 | 10,19 | 0,01 | 0,15 |
| -7,22806 | -35,8969 | 69 | 48,2 | 4,8 | 0,01 | 0,48 |
| -7,22806 | -35,8969 | 69 | | | | |
| -7,16444 | -35,9869 | 65 | 46 | 0,84 | 0,02 | 1,02 |
| -7,2275 | -35,8967 | 66 | 51,78 | 3,53 | 0,02 | 0,88 |
| -7,2275 | -35,8967 | 65 | 44 | 6 | 0,04 | 1,6 |
| -7,22722 | -35,8964 | 66 | 49,44 | 7 | 0,02 | 0,99 |
| -7,20972 | -36,0664 | 27 | 19,56 | 4,69 | 0,06 | 0,94 |
| -7,20056 | -35,8311 | 50 | | | | |
| -7,22806 | -35,8972 | 48,5 | 20,9 | 6,78 | 0,02 | 0,27 |
| -7,22667 | -35,8958 | 50 | | | | |
| -7,22722 | -35,8961 | 50 | 21,34 | 5,5 | 0,01 | 0,2 |
| -7,20083 | -36,0575 | 50 | 23,2 | 4 | 0,01 | 0,27 |
| -7,22639 | -35,8956 | 50 | 28,4 | 11 | 0,01 | 0,22 |
| -7,25278 | -35,9025 | 50 | 23,32 | 12 | 0,01 | 0,11 |
| -7,37889 | -36,0175 | 48 | | | | |
| -7,35333 | -35,9878 | 34 | | | | |
| -7,29639 | -36,1075 | 30 | | | | |
| -7,29833 | -36,1133 | 50 | | | | |
| -7,28944 | -36,1072 | 30 | | | | |
| -7,27778 | -36,1153 | 45 | | | | |
| -7,27528 | -36,1136 | 50 | | | | |
| -7,28028 | -36,0528 | 50 | | | | |
| -7,27472 | -35,7206 | 37 | | | | |
| -7,29194 | -35,7322 | 50 | | | | |
| -7,27778 | -35,7364 | 49 | | | | |
| -7,28944 | -35,7347 | 48,7 | | 46,2 | | |
| -7,17944 | -35,99 | 70 | | | | |
| -7,19889 | -36,0747 | 45 | | | | |
| -7,2 | -36,0867 | 46 | | 36 | | 0,4 |
| -7,20583 | -36,0783 | 1,18 | | | | |
| -7,22389 | -36,0794 | 1,8 | | | | |
| -7,20222 | -36,0786 | 43 | | 5,2 | | |
| -7,31556 | -36,0975 | 24,9 | | | | |
| -7,31722 | -36,0978 | 0,53 | | | | |
| -7,30278 | -35,7975 | 50 | 23 | 9 | 0,086 | 1,2 |
| -7,19861 | -36,0472 | 45 | | | | |

| | | | | | | |
|----------|----------|-------|------|-------|-------|------|
| -7,31556 | -35,8369 | 50 | | | | |
| -7,25333 | -35,8372 | 60 | | | | |
| -7,24528 | -35,8519 | 60 | | | | |
| -7,27778 | -36,0986 | 20 | | 10 | | 1 |
| -7,25944 | -35,9847 | 50 | | 1 | | |
| -7,25972 | -35,9847 | 19 | | 2,2 | | |
| -7,23056 | -36,0528 | 50 | | 4 | | 4,8 |
| -7,23083 | -36,0525 | 9 | | 4 | | 0,5 |
| -7,34222 | -36,0647 | 48 | | 12 | | |
| -7,27694 | -35,8333 | 45 | | | | |
| -7,31889 | -36,0483 | 32 | | | | |
| -7,31944 | -36,0483 | 32 | | 20 | | |
| -7,32222 | -36,0594 | 0,32 | | | | |
| -7,25361 | -35,8831 | 47 | | | | |
| -7,25667 | -35,8797 | 36,1 | | 10,2 | | |
| -7,28333 | -36,0967 | 40,7 | | | | |
| -7,19667 | -35,9542 | 56,77 | | 21,7 | | |
| -7,28194 | -36,0822 | 42 | | | | |
| -7,31222 | -35,7611 | 43,5 | | 3,75 | | 0,25 |
| -7,30556 | -36,0372 | 42 | | | | |
| -7,18167 | -35,9039 | 46,7 | | 3,72 | | |
| -7,25444 | -35,965 | 50 | | | | |
| -7,26194 | -35,8114 | 30 | | | | |
| -7,25444 | -35,9675 | 1,2 | | | | |
| -7,29028 | -36,0378 | 40 | | 3,5 | | |
| -7,28972 | -35,7283 | 45 | | | | |
| -7,25139 | -35,965 | 50 | | | | |
| -7,24306 | -36,0689 | 14,2 | | | | |
| -7,27944 | -36,0617 | 1,5 | | 1 | | |
| -7,23694 | -36,0047 | 40 | | 10 | | |
| -7,23694 | -36,0044 | 1,5 | | | | |
| -7,18 | -36,0489 | 48 | 25,4 | 7,8 | 0,227 | 4 |
| -7,15528 | -36,0936 | 1,04 | | | | |
| -7,22639 | -36,0061 | 47 | | 14,5 | | 0,38 |
| -7,15556 | -36,0906 | 24,35 | | 16,4 | | 0,36 |
| -7,25139 | -35,8417 | 50 | | | | |
| -7,18222 | -35,915 | 47 | | | | |
| -7,24556 | -35,8453 | 60 | | | | |
| -7,2475 | -35,8456 | 66,17 | | 12,4 | | |
| -7,27917 | -35,9025 | 31,75 | | 10,18 | | |
| -7,30167 | -36,0506 | 50 | | | | |
| -7,30639 | -36,0525 | 54 | | 13,5 | | 1,8 |
| -7,22833 | -36,0508 | 3 | | | | |
| -7,31167 | -35,8233 | 50 | | | | |
| -7,26028 | -35,9258 | 52 | | | | |

| | | | | | | |
|----------|----------|-------|------|------|-------|------|
| -7,29667 | -35,8006 | 25,15 | | 3,69 | | |
| -7,29944 | -35,8006 | 45 | | | | |
| -7,24472 | -36,0917 | 50 | | | | |
| -7,30694 | -35,7597 | 45 | | 15 | | 2 |
| -7,25611 | -35,9825 | 3 | | | | |
| -7,25611 | -35,9828 | 12,3 | | 2,5 | | |
| -7,3025 | -35,7358 | 50 | | 13 | | 3 |
| -7,24222 | -35,9797 | 35 | | 18 | | 3 |
| -7,32222 | -36,0081 | 36 | | | | |
| -7,31528 | -35,7658 | 50 | | 2,17 | | |
| -7,18306 | -35,9031 | 30 | | | | |
| -7,27778 | -35,7567 | 65 | 44 | 6 | 0,042 | 1,6 |
| -7,29556 | -35,7692 | 30 | | | | |
| -7,29222 | -35,7656 | 44,11 | | 17,2 | | 0,37 |
| -7,17389 | -36,0331 | 2 | | | | |
| -7,30222 | -35,8108 | 42 | | | | |
| -7,31694 | -35,7481 | 40 | 9 | 4 | 0,4 | 2 |
| -7,27417 | -35,9114 | 41,1 | | 3,53 | | 0,88 |
| -7,30778 | -35,815 | 45 | | | | |
| -7,16833 | -36,0858 | 6,2 | | 5,18 | | |
| -7,16833 | -36,0856 | 58 | 50 | 14 | 0,028 | 1 |
| -7,16083 | -36,0858 | 43,5 | | | | |
| -7,28694 | -36,0178 | 49 | | 18 | | 0,6 |
| -7,28556 | -35,7542 | 27 | | | | |
| -7,28556 | -35,7539 | 16,11 | | 5,22 | | 1 |
| -7,31556 | -36,0644 | 20 | 11 | 8 | 0,833 | 2,5 |
| -7,32056 | -36,0639 | 47 | | 4,2 | | |
| -7,32222 | -36,0128 | 40 | 27 | 15 | 0,292 | 3,5 |
| -7,24694 | -35,8439 | 38 | | | | |
| -7,245 | -35,8433 | 36,05 | | 3,68 | | 1,2 |
| -7,26194 | -36,0692 | 47 | | | | |
| -7,29417 | -35,8286 | 40 | | | | |
| -7,25556 | -35,8797 | 50 | | | | |
| -7,27694 | -35,7867 | 43,1 | | 4,1 | | 5 |
| -7,30361 | -35,7264 | 30 | | | | |
| -7,21306 | -35,985 | 19,6 | | 2,4 | | |
| -7,33417 | -36,0011 | 35 | | 10 | | 1,6 |
| -7,33417 | -36,0011 | 35 | | | | |
| -7,19583 | -36,0542 | 55 | 23,2 | 4 | 0,014 | 0,27 |
| -7,21944 | -35,9511 | 39,6 | | 0,8 | | |
| -7,28139 | -35,8128 | 50 | | | | |
| -7,28167 | -35,8103 | 50 | | | | |
| -7,32139 | -35,7636 | 45 | | | | |
| -7,27778 | -35,815 | 45 | | | | |
| -7,32139 | -35,7533 | 40 | | | | |

| | | | | | | |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|------|
| -7,28861 | -35,7447 | 18 | | 3,5 | | 7 |
| -7,29917 | -36,0578 | 51 | | 14 | | 0,35 |
| -7,2625 | -36,0117 | 2,5 | | | | |
| -7,27278 | -35,7914 | 50 | | | | |
| -7,31611 | -35,8342 | 54 | | | | |
| -7,27611 | -35,8169 | 45 | | | | |
| -7,255 | -35,9697 | 49 | | 1 | | |
| -7,31444 | -35,7667 | 45 | | 16 | | 3 |
| -7,31111 | -36,0625 | 49 | | | | |
| -7,27528 | -35,7208 | 39 | | | | |
| -7,21056 | -36,0717 | 50 | | 13 | | 0,75 |
| -7,26722 | -35,9992 | 4 | | | | |
| -7,25556 | -35,8794 | 50 | | | | |
| -7,18194 | -35,9161 | 45 | | | | |
| -7,29417 | -35,7597 | 51 | | | | |
| -7,29778 | -36,0803 | 30 | | 15 | | 2 |
| -7,3025 | -36,0897 | 48 | | 39 | | 0,8 |
| -7,33333 | -36,09 | 24 | | 6 | | 4 |
| -7,32306 | -36,0842 | 2 | | | | |
| -7,31194 | -36,0725 | 24 | | 6 | | 4 |
| -7,30972 | -36,0758 | 36 | | | | |
| -7,30167 | -36,0619 | 42 | | 30 | | 2,5 |
| -7,255 | -35,8628 | 52 | | 12 | | |
| -7,18167 | -36,0419 | 21,45 | | | | |
| -7,20639 | -36,0172 | 48 | | | | |
| -7,20972 | -35,9914 | 48 | | 1,54 | | |
| -7,22056 | -35,9781 | 40 | | | | |
| -7,24556 | -35,9936 | 40 | | 31 | | |
| -7,26583 | -36,0947 | 29,85 | 10 | 2,5 | 0,859 | 6,44 |
| -7,31361 | -36,0669 | 45 | | 19 | | 2,32 |
| -7,34139 | -36,0922 | 33 | 5,6 | 3,88 | 5,581 | 9,6 |
| -7,35111 | -36,0956 | 48 | 17,31 | 15,24 | 1,198 | 2,48 |
| -7,34917 | -36,0878 | 47 | | 22 | | 3,2 |
| -7,30056 | -36,0417 | 50 | | | | |
| -7,32083 | -36,0247 | 50 | | 18 | | 5 |
| -7,3325 | -36,0775 | 47 | | 17 | | 2,5 |
| -7,28389 | -36,0125 | 42 | | | | |
| -7,24222 | -36,0822 | 51 | | | | |
| -7,28444 | -35,8903 | 50 | | | | |
| -7,18778 | -35,9003 | 46 | | | | |
| -7,21 | -35,9939 | 56 | | | | |
| -7,28667 | -36,0203 | 32 | | | | |
| -7,28694 | -36,0206 | 35 | | 10 | | |
| -7,25194 | -36,0164 | 40 | | | | |
| -7,3225 | -35,7669 | 52 | | | | |

| | | | | | | |
|----------|----------|-------|------|-------|-------|------|
| -7,29889 | -35,8042 | 46,5 | | 4,17 | | |
| -7,21028 | -36,0636 | 50 | 23,2 | 4 | 0,014 | 0,27 |
| -7,22194 | -36,0642 | 48 | | 18 | | 0,25 |
| -7,29861 | -35,775 | 45 | 9 | 5,5 | 2,457 | 8,6 |
| -7,19528 | -35,9814 | 51,55 | | 17,17 | | |
| -7,24889 | -36,0567 | 48 | | | | |
| -7,31889 | -35,8353 | 36 | | | | |
| -7,16611 | -36,0508 | 2,47 | | 1,59 | | 3 |
| -7,285 | -35,7253 | 51 | | | | |
| -7,285 | -35,7267 | 18 | | | | |
| -7,22111 | -35,9933 | 48 | | | | |
| -7,22861 | -36,0614 | 5,2 | | | | |
| -7,25389 | -35,9728 | 33 | | | | |
| -7,27694 | -35,8322 | 45 | | | | |
| -7,28417 | -35,7581 | 45 | 12 | 4,5 | 0,4 | 3 |
| -7,34444 | -36,0919 | 33 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| -7,19361 | -36,0839 | 50 | | | | |
| -7,34056 | -36,0414 | 22 | 6 | 4 | 3,5 | 7 |
| -7,26917 | -36,0356 | 28 | 20 | 13 | 0,143 | 1 |
| -7,16917 | -36,0597 | 30 | 19 | 15 | 0,25 | 1 |
| -7,15528 | -36,0942 | 24 | 18 | 8 | 0,1 | 1 |
| -7,18722 | -36,0528 | | | | | |
| -7,27389 | -36,0433 | 8 | | | | |
| -7,18361 | -36,0172 | 50 | 30 | 4 | 0,038 | 1 |
| -7,28389 | -36,0194 | 50 | | | | |
| -7,27611 | -36,1111 | 50 | | | | |
| -7,32806 | -36,0469 | 50 | 10 | 6 | 0,25 | 1 |
| -7,26889 | -36,1111 | 50 | 25 | 21 | | |
| -7,32111 | -36,0603 | 45 | 8 | 4 | 1,25 | 5 |
| -7,28083 | -36,0569 | 30 | | | | |
| -7,31139 | -36,0753 | 30 | | | | |
| -7,27444 | -36,0467 | 30 | | | | |
| -7,16722 | -36,0878 | 50 | | | | |
| -7,35444 | -35,9883 | 40 | | | | |
| -7,35528 | -35,9892 | 35 | | | | |
| -7,22806 | -35,895 | 40 | | | | |
| -7,22667 | -35,895 | 50 | | | | |
| -7,19806 | -36,0467 | 20 | | | | |
| -7,19528 | -36,0653 | 40 | | | | |
| -7,32 | -36,0478 | 40 | | | | |
| -7,32306 | -36,0603 | 40 | | | | |
| -7,22278 | -36,0786 | 50 | | | | |
| -7,31056 | -36,0928 | 50 | | | | |
| -7,2775 | -36,0239 | 60 | | | | |
| -7,27639 | -36,0225 | 40 | | | | |

| | | | | | | |
|----------|----------|----|-------|------|-------|-------|
| -7,27583 | -36,1117 | 45 | | | | |
| -7,32083 | -36,0614 | 40 | | | | |
| -7,27833 | -36,0981 | 50 | | | | |
| -7,27806 | -36,0542 | 50 | 39 | 21 | 0,056 | 1 |
| -7,28972 | -36,0592 | 60 | 35 | 12 | 0,074 | 1,7 |
| -7,27444 | -36,0464 | 40 | 12 | 4 | 0,125 | 1 |
| -7,275 | -36,0469 | 50 | 39 | 17 | 0,045 | 1 |
| -7,27583 | -36,1122 | 60 | 33 | 16 | 0,118 | 2 |
| -7,27639 | -36,1125 | 50 | 33 | 9 | 0,042 | 1 |
| -7,27583 | -36,1136 | 50 | 30 | 19 | 0,091 | 1 |
| -7,3525 | -36,0894 | 50 | 28 | 13 | 0,067 | 1 |
| -7,34056 | -36,0925 | 40 | 13,9 | 8,4 | 0,182 | 1 |
| -7,29694 | -36,1081 | 60 | 27 | 12 | 0,133 | 2 |
| -7,19639 | -36,0656 | 45 | 27 | 11 | 0,063 | 1 |
| -7,27833 | -36,1147 | 40 | 31 | 17 | 0,071 | 1 |
| -7,31111 | -36,095 | 30 | 18 | 7 | 0,082 | 0,9 |
| -7,355 | -36,0447 | 40 | 23 | 9 | 0,071 | 1 |
| -7,19583 | -36,0536 | 40 | 23 | 10 | 0,077 | 1 |
| -7,27639 | -36,0222 | 50 | 27 | 9 | 0,056 | 1 |
| -7,18444 | -36,0158 | 60 | 34 | 11 | 0,087 | 2 |
| -7,3125 | -36,0631 | 30 | 27 | 12 | 0,053 | 0,8 |
| -7,34111 | -36,0464 | 30 | 23 | 11 | 0,167 | 2 |
| -7,27417 | -36,0717 | 50 | 39 | 18 | 0,048 | 1 |
| -7,26 | -35,9133 | 30 | 22 | 6 | 0,063 | 1 |
| -7,27306 | -35,9117 | 45 | 26 | 15 | 0,091 | 1 |
| -7,25917 | -35,8581 | 50 | 30 | 13 | 0,059 | 1 |
| -7,32 | -36,0464 | 35 | 17 | 7 | 0,09 | 0,9 |
| -7,26056 | -35,8592 | 28 | 22,3 | 11,1 | 0,063 | 0,7 |
| -7,34417 | -36,0653 | 60 | 34,5 | 19,2 | 0,105 | 1,6 |
| -7,31556 | -36,0961 | 30 | 20 | 9 | 0,091 | 1 |
| -7,16917 | -36,0875 | 40 | 22 | 12 | 0,1 | 1 |
| -7,23 | -35,8669 | 50 | 31 | 15 | 0,063 | 1 |
| -7,23056 | -35,8675 | 45 | 29 | 11 | 0,056 | 1 |
| -7,27917 | -36,0533 | 40 | 19 | 15 | 0,25 | 1 |
| -7,27861 | -36,0314 | 50 | 26 | 11 | 0,1 | 1,5 |
| -7,275 | -35,8589 | 40 | 17 | 9 | 0,125 | 1 |
| -7,27167 | -35,9589 | 50 | 31 | 13 | 0,056 | 1 |
| -7,35722 | -36,0469 | 40 | 22 | 13 | 0,111 | 1 |
| -7,31694 | -36,0469 | 50 | 10,5 | 6,4 | 0,195 | 0,8 |
| -7,26889 | -36,1 | 50 | 25,15 | 21,1 | 0,019 | 0,076 |
| -7,17472 | -36,035 | 50 | | | | |
| -7,35417 | -36,0889 | 50 | | | | |
| -7,28333 | -36,0958 | 50 | 25 | 4,45 | 0,024 | 0,5 |
| -7,34 | -36,0919 | 33 | 5 | 3,88 | 4,464 | 5 |
| -7,19361 | -36,0847 | 50 | | | | |

| | | | | | | |
|----------|----------|------|-------|------|-------|------|
| -7,35167 | -36,0889 | 48 | 15,24 | 1 | 0,790 | 1 |
| -7,28861 | -35,7447 | 17 | 13 | 4 | 0,777 | 7 |
| -7,27722 | -35,9053 | 39 | 22 | 1 | 0,057 | 1,2 |
| -7,25222 | -35,8872 | 55 | 28 | 4,28 | 0,067 | 1,6 |
| -7,23806 | -35,8842 | 50 | | | | |
| -7,20944 | -35,8731 | 50 | | | | |
| -7,27472 | -36,0711 | 48 | | | | |
| -7,29056 | -36,1025 | 40 | | | | |
| -7,315 | -35,7661 | 30 | 13 | 6 | 0,570 | 4 |
| -7,25389 | -35,8869 | 40 | 20 | 5 | 0,240 | 3,3 |
| -7,30583 | -36,0372 | 42 | 21 | 11 | 0,070 | 0,7 |
| -7,24861 | -36,0569 | 50 | | | | |
| -7,31528 | -35,8 | 20 | 9 | 5,6 | 1,470 | 5 |
| -7,30333 | -35,7975 | 50 | 23 | 9 | 0,085 | 1,2 |
| -7,27722 | -35,8336 | 45 | | | | |
| -7,24611 | -35,8536 | 51 | | | | |
| -7,19833 | -35,9044 | 24 | | | | |
| -7,2625 | -35,8108 | 45 | 16 | 1,5 | 0,013 | 0,2 |
| -7,26194 | -36,0694 | 40 | 16 | 3 | 0,015 | 0,2 |
| -7,21444 | -35,9089 | 50 | 23,8 | 1,8 | 0,009 | 0,2 |
| -7,235 | -35,9169 | 32 | 19.50 | 2,5 | 0,047 | 0,8 |
| -7,23528 | -35,9167 | 30 | 21 | 1 | 0,025 | 0,5 |
| -7,27639 | -35,8172 | 30 | 17 | 2 | 0,245 | 3 |
| -7,2025 | -35,8764 | 36 | 25 | 12,5 | 0,024 | 0,3 |
| -7,19528 | -35,9817 | 54 | | | | |
| -7,32167 | -35,7642 | 18 | 6 | 2,5 | 0,717 | 2,5 |
| -7,24111 | -35,8558 | 48 | | | | |
| -7,25139 | -35,8417 | 30 | 14 | 1 | 0,154 | 2 |
| -7,34222 | -36,0647 | 48 | 15 | 9 | 0,033 | 0,2 |
| -7,16389 | -35,9194 | 55 | | | | |
| -7,32222 | -36,0081 | 33 | 21 | 17 | 0,250 | 1 |
| -7,315 | -36,0647 | 30 | 12 | 3,3 | 0,229 | 2 |
| -7,30056 | -36,0275 | 50 | 27 | 17 | 0,020 | 0,2 |
| -7,24167 | -35,9986 | 50 | | | | |
| -7,18722 | -36,1072 | 48 | 38 | 6 | 0,006 | 0,2 |
| -7,31722 | -35,9786 | 50 | 36,6 | 3,6 | 0,037 | 1,2 |
| -7,31111 | -36,0625 | 47 | 21 | 6 | 0,026 | 0,4 |
| -7,25222 | -36,0164 | 30 | 15 | 2 | 0,038 | 0,5 |
| -7,23611 | -35,9161 | 51 | | | | |
| -7,25194 | -35,985 | 24 | | | | |
| -7,25889 | -35,9122 | 52 | 38 | 8 | 0,010 | 0,3 |
| -7,2125 | -35,8792 | 37,5 | | | | 0,6 |
| -7,23889 | -35,8844 | 40 | 2 | 3 | 0,080 | 1 |
| -7,23139 | -35,8856 | 45 | 12,5 | 1,5 | 0,052 | 0,8 |
| -7,24417 | -35,8542 | 50 | 22,8 | 3,55 | 0,032 | 0,65 |

| | | | | | | |
|----------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| -7,23944 | -35,8703 | 51 | | | | |
| -7,36972 | -36,0689 | 42 | 21 | 19,7 | 1,923 | 2,5 |
| -7,37472 | -36,0647 | 50 | 27 | 20,78 | 0,482 | 3 |
| -7,18833 | -35,8883 | 39 | | | | 0,156 |
| -7,28417 | -36,0917 | 42 | 21,98 | 11,2 | 0,123 | 1,3 |
| -7,2525 | -35,8881 | 36 | 19 | 6 | 0,153 | 2 |
| -7,22778 | -36,0881 | 50 | 31,63 | 1,1 | 0,011 | 0,35 |
| -7,26083 | -35,7925 | 50 | | | | |
| -7,26417 | -35,9142 | 51 | | | | |
| -7,26417 | -35,9147 | 51 | | | | |
| -7,26972 | -35,92 | 48 | | | | |
| -7,27583 | -35,9767 | 48 | | | | |
| -7,35583 | -36,0642 | 45 | | | | |
| -7,26472 | -35,8631 | 40 | 22,73 | 1,51 | 0,084 | 1,5 |
| -7,26 | -35,8939 | 45 | 31 | 3 | 0,028 | 0,8 |
| -7,27583 | -36,0436 | 40 | 19,7 | 3,7 | 0,037 | 0,6 |
| -7,27778 | -36,0403 | 40 | | | | |
| -7,22556 | -35,8864 | 51 | 35 | 1 | 0,005 | 0,2 |
| -7,27889 | -35,8256 | 40 | 26,5 | 3,5 | 0,021 | 0,5 |
| -7,24889 | -35,8475 | 46 | | | | |
| -7,29028 | -36,0389 | 40 | 14 | 4 | 0,050 | 0,5 |
| -7,23861 | -35,9331 | 49 | | | | |
| -7,22694 | -35,8886 | 52 | 32 | 2 | 0,030 | 0,9 |
| -7,24083 | -35,9322 | 48 | 23 | 20 | 2,000 | 6 |
| -7,25694 | -36,0014 | 50 | | | | |
| -7,25 | -35,9303 | 51 | | | | |
| -7,26917 | -35,8364 | 30 | 7,2 | 2,2 | 2,000 | 10 |
| -7,35722 | -36,1097 | 50 | | | | |
| -7,30972 | -35,7467 | 60 | | | | |
| -7,30028 | -36,0533 | 50 | | | | |
| -7,23667 | -36,1028 | 51 | | | | |
| -7,22917 | -35,8947 | 52 | 31,8 | 4,8 | 0,015 | 0,4 |
| -7,26306 | -36,0628 | 45 | 16 | 13,2 | 0,089 | 0,25 |
| -7,19639 | -35,9172 | 40 | 14,1 | 2,1 | 0,042 | 0,5 |
| -7,27306 | -35,9539 | 51 | | | | |
| -7,21694 | -36,0228 | 50 | | | | |
| -7,19833 | -36,0358 | 51 | | | | |
| -7,2375 | -35,9503 | 51 | | | | |
| -7,22222 | -35,8892 | 52 | 15,7 | 0,7 | 0,040 | 0,6 |
| -7,25611 | -35,8969 | 36 | 8,5 | 0,2 | 0,843 | 7 |
| -7,25167 | -35,7953 | 52 | | | | |
| -7,22806 | -35,8936 | 48 | 26,4 | 6,4 | 0,015 | 0,3 |
| -7,19806 | -35,8686 | 56 | | | | |
| -7,25833 | -35,9661 | 50 | | | | |
| -7,32 | -36,0833 | 50 | | | | |

| | | | | | | |
|----------|----------|----|-------|------|-------|------|
| -7,22 | -36,9675 | 48 | | | | |
| -7,30639 | -36,0208 | 32 | 11,9 | 6,9 | 0,050 | 0,25 |
| -7,17556 | -35,9839 | 56 | | | | |
| -7,31833 | -36,0378 | 52 | | | | |
| -7,24694 | -35,8856 | 48 | 15,7 | 0,2 | 0,012 | 0,2 |
| -7,26861 | -36,1211 | 40 | 17,5 | 8,5 | 0,022 | 0,2 |
| -7,28972 | -36,0756 | 32 | 9,9 | 5,3 | 0,326 | 1,5 |
| -7,28 | -36,0836 | 54 | 38,2 | 14,2 | 0,008 | 0,2 |
| -7,315 | -36,065 | 40 | 10,9 | 3,3 | 0,099 | 0,75 |
| -7,30139 | -36,0347 | 48 | 21,5 | 16,2 | 0,045 | 0,24 |
| -7,22806 | -36,0083 | 48 | 28,9 | 16,9 | 0,017 | 0,2 |
| -7,29083 | -36,0411 | 36 | 17,8 | 3,4 | 0,059 | 0,85 |
| -7,25194 | -36,1047 | 36 | 15,4 | 4,4 | 0,073 | 0,8 |
| -7,25167 | -35,9981 | 48 | | | | |
| -7,22861 | -35,8922 | 56 | | | | |
| -7,21583 | -35,8794 | 52 | 25 | 1 | 0,020 | 0,5 |
| -7,22889 | -35,8922 | 32 | 9 | 1 | 0,500 | 4 |
| -7,26944 | -35,8933 | 48 | 33 | 3 | 0,020 | 0,6 |
| -7,24167 | -35,9319 | 48 | 29 | 26 | 0,700 | 2,1 |
| -7,25389 | -35,8825 | 55 | 36,00 | 6 | 0,020 | 0,6 |
| -7,23278 | -35,87 | 51 | | | | |
| -7,23278 | -35,87 | 48 | 30 | 2 | 0,010 | 0,3 |
| -7,24139 | -35,8856 | 51 | 34 | 4 | 0,008 | 0,25 |
| -7,25333 | -35,955 | 50 | 35 | 5 | 0,010 | 0,3 |
| -7,22306 | -35,8794 | 60 | | | | |
| -7,21 | -35,9133 | 50 | | | | 0 |
| -7,21583 | -36,0414 | 48 | 27 | 7 | 0,025 | 0,5 |
| -7,21861 | -35,9508 | 60 | | | | |
| -7,22 | -35,9467 | 56 | | | | |
| -7,2175 | -35,9478 | 60 | | | | |
| -7,21944 | -35,9486 | 52 | | | | |
| -7,32417 | -36,0425 | 40 | 25 | 8 | 0,059 | 1 |
| -7,28694 | -36,0422 | 51 | | | | |
| -7,23278 | -36,0286 | 31 | | | | 0 |
| -7,26583 | -36,1025 | 40 | 26 | 3 | 0,017 | 0,4 |
| -7,23833 | -35,9581 | 32 | 20 | 7 | 0,053 | 0,7 |
| -7,27472 | -36,0714 | 40 | | | | 0 |
| -7,30139 | -36,0589 | 44 | | | | 0 |
| -7,235 | -35,9397 | 48 | 27,85 | 8,15 | 0,015 | 0,3 |