



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOFÍSICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Digitalização e correlação de perfis geofísicos de poços – Manaus – AM**

Giordan Maciel Favacho

Belém – Pará

2020

GIORDAN MACIEL FAVACHO

**Digitalização e correlação de perfis geofísicos de poços – Manaus – AM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Geofísica.

Área de concentração: Métodos Potenciais

Linha de Pesquisa: Águas Subterrâneas.

Orientador: MSc. José Geraldo das Virgens Alves

Coorientador: Dr. Boris Chaves Freimann

Belém – PA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)

---

- F272d Favacho, Giordan Maciel.  
Digitalização e correlação de perfis geofísicos de poços –  
Manaus – AM / Giordan Maciel Favacho. — 2020.  
54 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Me. Jose Geraldo das Virgens Alves  
Alves  
Coorientador(a): Prof. Dr. Boris Chaves Freimann  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências,  
Faculdade de Geofísica, Belém, 2020.
1. Correlação geofísica. 2. Águas subterrâneas. 3.  
Digitalização. I. Título.

CDD 551.4909811

---

GIORDAN MACIEL FAVACHO

**Digitalização e correlação de perfis geofísicos de poços – Manaus – AM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Geofísica.

Área de concentração: Métodos Potenciais

Linha de Pesquisa: Águas Subterrâneas.

Local, 15 de Setembro de 2020.

Banca Examinadora




---

Prof. MSc. José Geraldo das Virgens Alves  
Universidade Federal do Pará



---

Prof. Dr. Boris Chaves Freimann  
Universidade Federal do Pará



---

Prof. Dr. Cristiano Mendel Martins  
Universidade Federal do Pará

Dedico este trabalho à Deus e à minha família:  
Talyssa, Marlene, Laercio, Giorgio e Giovanna, por  
me ajudarem e me apoiarem todos os dias.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois Ele está presente em todos os momentos da minha vida e sem Ele, nada disso seria possível.

Ao meu orientador prof. MSc. José Geraldo das Virgens Alves e meu coorientador Boris Chaves Freimann, por toda dedicação, paciência e auxílio durante todos os processos deste trabalho.

Aos meus pais e toda minha família que sempre me deram apoio e sempre se esforçaram para me fazerem bem e a minha noiva, que da mesma forma sempre me apoiou, me deu forças quando precisei e batalhou todos os dias para meu bem estar.

Aos meus amigos da turma de 2016 e em especial Amanda Guimarães, João Rafael, Lucas Castro, Antonio Pantoja, Rayssa Pereira e Thiago Patrick que sempre me ajudaram no que puderam e sempre estavam dispostos a me auxiliar com qualquer problema a ser resolvido.

À todo corpo de professores da faculdade de geofísica, que me auxiliaram me dando oportunidades de conhecimentos durante todo decorrer do curso.

À Universidade Federal do Pará e a faculdade de geofísica que me deram as oportunidades e o apoio para minha formação.

À Lucia Imbiriba por todo seu trabalho e dedicação na orientação com as Normas seguidas neste trabalho.

## RESUMO

Foi feita a correlação interpretativa de perfis geofísicos de poços localizados nas regiões de captação da COSAMA (Companhia de Saneamento do Amazonas), estes poços foram perfurados na cidade de Manaus - capital do Estado do Amazonas, para o abastecimento de água da região. A pesquisa foi efetuada em alguns bairros distribuídos pela região metropolitana de Manaus, com um total de 32 poços. Os parâmetros mais importantes e, por tanto, usados para este trabalho nas correlações foram o Raio Gama (RG), Potencial espontâneo (SP) e Resistividade Elétrica (RE). Essa correlação foi realizada com o intuito de analisar e avaliar a continuidade lateral das camadas geológicas mais propensas a ser reservatórios de água subterrânea, para assim, gerar seções estratigráficas de alta precisão. Observou-se a presença de interdigitações entre camadas arenosas e argilosas, e dentro destas camadas constatou-se a provável existência de alguns aquíferos distribuídos pela região de Manaus, tanto em camadas mais rasas quanto camadas mais profundas da formação presente. Constatou-se, também, que o relevo da cidade é acidentada por conta de movimentos tectônicos que auxiliaram nas interdigitações presentes. Tais conclusões são de grande importância para projetos e estudos futuros na cidade de Manaus.

Palavras-chave: Perfilagem geofísica. Correlação geofísica. Raio gama. Resistência elétrica. Potencial espontâneo. Manaus-AM.

## **ABSTRACT**

The interpretative correlation of geophysical well logs located in the catchment regions of COSAMA (Companhia de Saneamento do Amazonas) was made, these wells were drilled in the city of Manaus - capital of the State of Amazonas, for the water supply of the region. The survey was carried out in some neighborhoods in the metropolitan region of Manaus, with a total of 32 wells. The most important parameters and therefore used for this work in the correlations were Gamma Ray (RG), Spontaneous Potential (SP) and Electrical Resistivity (RE). This correlation was performed in order to analyze and evaluate the lateral continuity of the geological layers most likely to be groundwater reservoirs, in order to generate high precision stratigraphic sections. It was observed the presence of interdigitations between sandy and clay layers, and within these layers it was possible to verify the probable existence of some aquifers distributed in the Manaus region, both in shallow and deeper layers of the present formation. It was also found that the relief of the city is rugged due to tectonic movements that helped in the present interdigitations. Such conclusions are of great importance for future projects and studies in the city of Manaus.

Keywords: Geophysical well logging. Geophysical correlation. Gamma ray. Eletrical resistivity. Spontaneous potential.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação das formações e grupos da bacia do Amazonas .....	5
Figura 2 Litofácies identificadas na Formação Alter do Chão em Óbidos-PA. A) Conglomerados maciço e seixos de argila; B) Arenito com estratificação cruzada tabular; C) Arenito com estratificação cruzada acanalada; D) Arenito com laminação cruzada; E) Pelito maciço; F) Pelito deformado.....	7
Figura 3 Capacidade de infiltração do solo e estações de RIMAS.....	8
Figura 4 Elementos principais para uma perfilagem geofísica .....	10
Figura 5 Comportamento do perfil de potencial espontâneo.....	12
Figura 6 Comportamento do perfil de Resistência elétrica.....	13
Figura 7 Comportamento do perfil de Raio Gama.....	15
Figura 8 Modelo de digitalização no Surfer .....	18
Figura 9 Linhas dos perfis geofísicos para as seções litológicas .....	20
Figura 10 Representação da linha do perfil A, em vermelho. Esta linha compreende os poços I-D1-W-L-Q.....	21
Figura 11 Representação da linha do perfil A, em vermelho. Esta linha compreende os poços I-D1-W-L-Q.....	22
Figura 12 Representação da linha do perfil B, em vermelho. Esta linha compreende os poços I-D1-W-L-Q.....	24
Figura 13 Representação do perfil litológico .....	25
Figura 14 Representação da linha do perfil C, em vermelho. Esta linha compreende os poços N-Z-W-U-E1-R.....	27
Figura 15 Representação do perfil litológico .....	28
Figura 16 Representação da linha do perfil D, em vermelho. Esta linha compreende os poços D-Z-L-H-P-J.....	30
Figura 17 Representação do perfil litológico .....	31
Figura 18 Representação da linha do perfil E, em vermelho. Esta linha compreende os poços G-C-F1-T.....	33
Figura 19 Representação do perfil litológico .....	34
Figura 20 Representação da linha do perfil F, em vermelho. Esta linha compreende os poços B-J-K-Y.....	36
Figura 21 Representação do perfil litológico .....	37

Figura 22 Representação da linha do perfil G, em vermelho. Esta linha compreende os poços F-H-M-A1.....	39
Figura 23 Representação do perfil litológico .....	400

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b> .....	<b>3</b>
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	3
2.2	RELEVO.....	3
<b>3</b>	<b>GEOLOGIA DE MANAUS</b> .....	<b>5</b>
3.1	GEOLOGIA DA REGIÃO .....	5
3.1.1	<b>Formação Alter do Chão</b> .....	6
3.2	Hidrogeologia da região .....	7
<b>4</b>	<b>PERFILAGEM GEOFÍSICA DE POÇO</b> .....	<b>9</b>
4.1	PERFIS ESTUDADOS .....	10
4.1.1	<b>Perfil em potencial espontâneo</b> .....	11
4.1.2	<b>Perfil de resistência elétrica</b> .....	12
4.1.3	<b>Perfil de raio gama</b> .....	13
<b>5</b>	<b>CORRELAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS</b> .....	<b>16</b>
5.1	TABELAS DE POÇOS SELECIONADOS .....	16
5.2	DIGITALIZAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS .....	16
5.3	CORRELAÇÃO GEOFÍSICA POÇO A POÇO .....	18
5.4	SEÇÕES LITOLÓGICAS SUGERIDAS .....	19
5.4.1	<b>Perfil A: poços I - D1 - W - L - Q</b> .....	20
5.4.2	<b>Perfil B: Poços G1 - O - U - X - A1</b> .....	23
5.4.3	<b>Perfil C: Poços N - Z - W - U - E1 - R</b> .....	26
5.4.4	<b>Perfil D: Poços D - Z - L - H - P - J</b> .....	29
5.4.5	<b>Perfil E: Poços G - C - F1 - T</b> .....	32
5.4.6	<b>Perfil F: Poços B - J - K - Y</b> .....	35
5.4.7	<b>Perfil G: Poços F - H - M - A1</b> .....	38

<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>411</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>422</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, boa parte das águas que se encontram em rios e lagos estão se convertendo em águas degradadas por poluições ocasionadas por fatores naturais como por exemplo, intrusões salinas em aquíferos costeiros e também por conta da expansão urbana desordenada, que gera mais lixos que são despejados em lugares inapropriados. Por isso, há a preocupação com a escassez de água potável, para o abastecimento dos cidadãos. Diante do grande crescimento populacional e crescimento fabril, há o cuidado para que exista o abastecimento de água tanto para as pessoas quanto para indústria, visto que, da maneira em que a quantidade de indivíduos e indústrias crescem, faz-se necessário a busca por mais reservatórios que contenham água potável.

A COSAMA (Companhia de Saneamento Do Amazonas) é responsável pela distribuição de água na cidade de Manaus-AM através de poços localizados em diferentes regiões da cidade. A geologia do estado do Amazonas é definido por uma extensa cobertura fanerozóica (Almeida, 1978), que se distribuí pela bacia do amazonas (Tassinari and Macambira, 1999, 2004), que são depositadas sobre um substrato rochoso pré-cambriano onde predominam as rochas de caráter ígneo, metamórfico e sedimentar, onde há grupos de formações que são compostas pelas alternância de folhelhos, arenitos e siltitos. Os poços utilizados pela COSAMA têm cerca de 200 a 220 metros de profundidade.

O objetivo do trabalho consiste em classificar os poços de abastecimento da COSAMA, de empresas e de conjuntos habitacionais e avaliá-los quanto a continuidade lateral das camadas, para definir com precisões métricas suas respectivas profundidades e espessuras, através da correlação de perfis geofísicos dos poços.

Foram catalogados 32 poços pertencentes as zonas de captação da COSAMA, zonas de abastecimento de empresas e conjuntos habitacionais distribuídos entre as ruas da região metropolitana de Manaus, visto que todos os poços continham perfis geofísicos, uns com todos os registros e outros com apenas 2 dos registros mais importantes. Todos os perfis foram realizados de forma analógica. Os perfis foram obtidos na forma analógica para que fossem preparados com os processos de digitalização e posteriormente gerar as seções litológicas e

avaliar a continuidade lateral das camadas dos poços que foram estudados e assim ter um conhecimento das áreas que possuem maior probabilidade de conter reservatórios de água.

A geologia do Estado do Amazonas compreende uma extensão do éon fanerozóico, e na cidade de Manaus, a maioria da região metropolitana é datada pela bacia amazônica, que tem características sedimentares e ígneas. A partir de pesquisas, concluiu-se que nas regiões onde os poços foram feitos, a formação predominante é a Formação Alter do Chão, que é formado basicamente de arenitos, argilitos, siltitos e conglomerados. A geologia da região é importante para a verificação e avaliação dos poços, pois onde há extensões de arenitos (maior porosidade e permeabilidade), há maior possibilidade de fornecer água potável e portanto, as zonas de interesse. Assim, pode-se procurar por áreas com camadas geológicas mais arenosas e avaliar suas extensões laterais, profundidades e posições. Assim, futuros estudos nos locais já terão informações valiosas a cerca dos reservatórios de água na região.

## **2 LOCALIZAÇÃO**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

O local de estudo está no Estado do Amazonas, mais precisamente na cidade de Manaus (latitude 3° 6' 7" S, longitude 60° 1' 30" W), em que a região metropolitana foi criada no ano de 2007 e conta com cerca de 13 municípios. A cidade exerce um impacto significativo no âmbito financeiro, corporativo e industrial da região norte do Brasil, recebendo a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de metrópole regional. Além disso, a capital está localizada no centro da maior floresta tropical do mundo e isso exerce uma grande influência e impacto sobre o comércio, educação, finanças, pesquisas e afins. Diante disso, Manaus acomoda a sede do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, que é o centro mais importante de estudos científicos da Amazônia e de temas internacionais de sustentabilidades.

O clima de Manaus é considerado tropical úmido que é relacionado aos ventos sazonais, que em geral são associados à alternância da temporada de chuvas e temporadas de secas. São inexistentes os dias de frio no inverno, visto que a cidade está próxima a linha do equador e por isso a mesma é de clima quente. Sendo a temperatura média em torno de 33,1°C, e em estações secas aproximando até de 28°C e durante as estações chuvosas, podendo chegar em aproximadamente 26°C. A umidade do ar é considerada alta, e gira em torno de 88% em períodos chuvosos e 77% em períodos mais secos, e a precipitação pluviométrica em cada ano varia de 1800 a 3500 mm (Prance and Lovejoy, 1985).

Os poços estão localizados na região metropolitana de Manaus e se distribuem por alguns bairros da cidade, como: Distrito Industrial, Cidade Nova e Zumbi-II, entre outros. Nesses bairros estão localizados os poços de distribuição de água responsáveis pela COSAMA e os poços de abastecimento das empresas e residenciais.

### **2.2 RELEVO**

O município de Manaus apresenta um relevo com diversas variações de altitude, visto que por conta da atuação conjunta da movimentação das placas

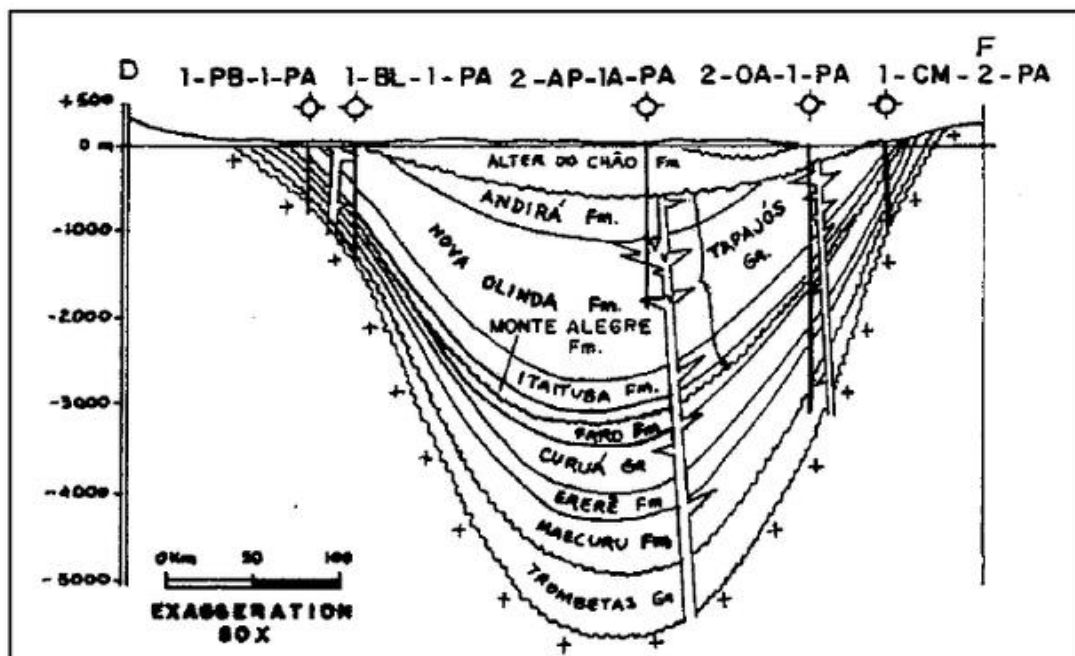
tectônicas, houve o soerguimento e abatimento de terrenos, assim como o rearranjo do sistema de drenagem. Os intervalos altimétricos variam de 25 a maior que 115m (Sarges et al., 2011)

### 3 GEOLOGIA DE MANAUS

#### 3.1 GEOLOGIA DA REGIÃO

As unidades litológicas da capital do Amazonas são definidas pela Formação Alter do chão e Nova Olinda (Aguiar et al., 2002; Souza, 2006) e algumas variações de depósitos arenosos avermelhados que posteriormente foram designados informalmente de Formação Novo Remanso (Soares, 2007; Rozo, 2004). Embora existam formações distintas (figura 1), suas litologias são semelhantes com algumas alterações como por exemplo a diferença na granulometria entre os arenitos. Por isso, o trabalho será voltado para a Formação Alter do Chão (Caputo, 1984), que possui uma espessura com variação de 50 a 600 metros (Hoorn et al., 2010), registrada no Cretáceo Superior Terciário (Grupo Javari)(Brandao and Feijó, 1994). Esta formação já inclui as profundidades em que os poços estão, visto que, estes poços feitos possuem profundidades de 123 a 230 metros.

Figura 1 - Representação das formações e grupos da bacia do Amazonas



Fonte: Adaptado de Caputo (1984).

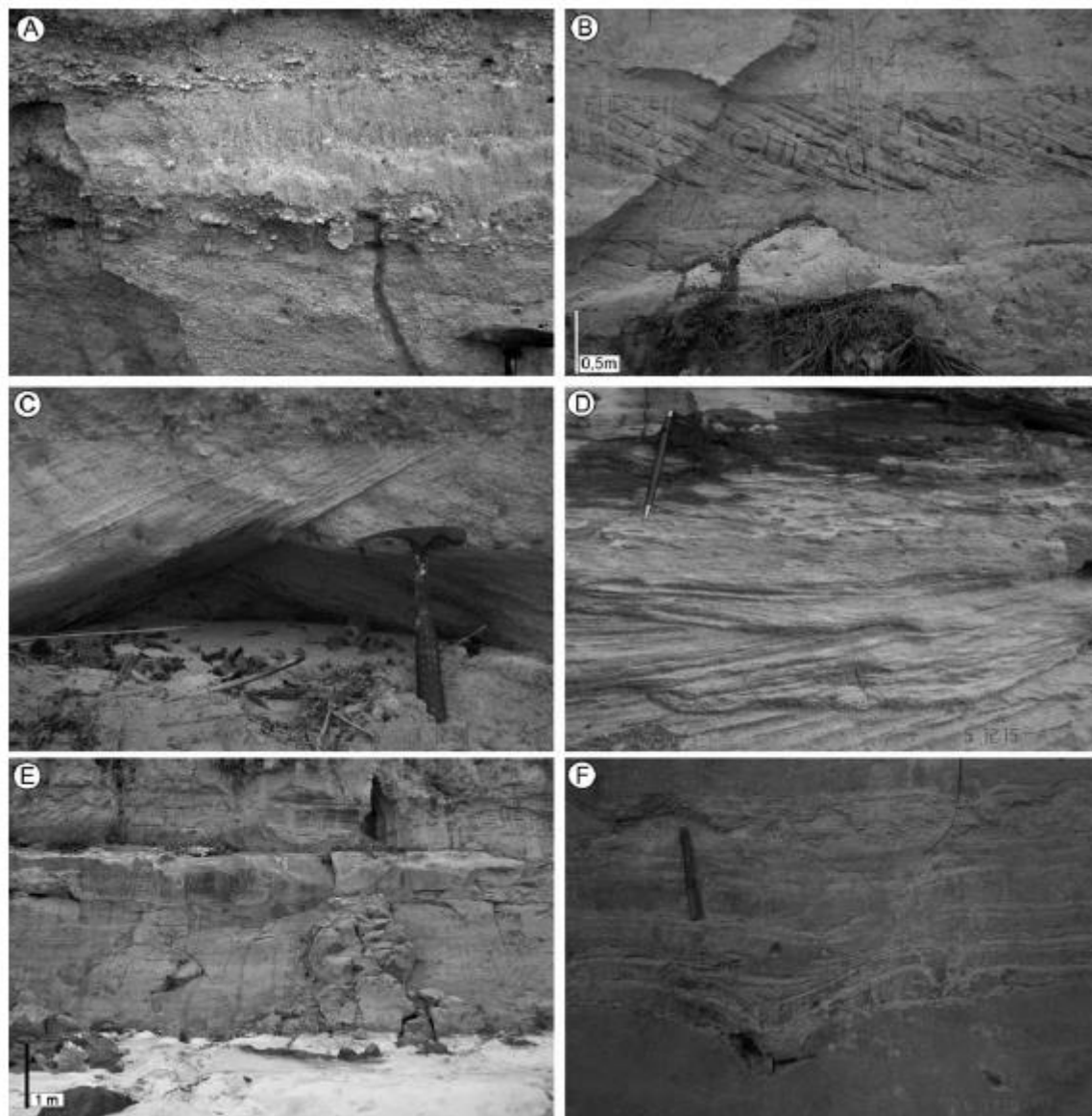
## **Formação Alter do Chão**

A formação foi inicialmente classificada como sendo composta de arenitos avermelhados, argilitos, conglomerados e brechas intraformacionais, por Kistler (1954). Posteriormente, Caputo (1984) definiu a formação constituída de arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados. Para Albuquerque (1922), a Formação (figura 2) apresenta alguns níveis de silicificados que foram chamados de "Arenitos Manaós", sendo esta denominação utilizada de forma errônea no âmbito estratigráfico, visto que esses arenitos são descritos como "corpos lenticulares de diferentes litologias" por Baptista et al. (1984). Esta formação é considerada pobre, quando associada a fósseis e apresenta natureza de cores variadas, entre o vermelho, o branco e o amarelo.

Cunha (2007) considera que a Formação Alter do Chão como representante de um paleoambiente flúvio-lacustre.

Portanto, para este tipo de trabalho, os arenitos serão a parte da formação mais importante, pois onde contiver este tipo de litologia, a probabilidade de acomodar um reservatório de água é muito maior, tendo em vista que os arenitos possuem alta porosidade e alta permeabilidade, se comparado as demais litologias da formação.

Figura 2 Litofácies identificadas na Formação Alter do Chão em Óbidos-PA. A) Conglomerados maciço e seixos de argila; B) Arenito com estratificação cruzada tabular; C) Arenito com estratificação cruzada acanalada; D) Arenito com laminação cruzada; E) Pelito maciço; F) Pelito deformado



Fonte: Mendes et al. (2012)

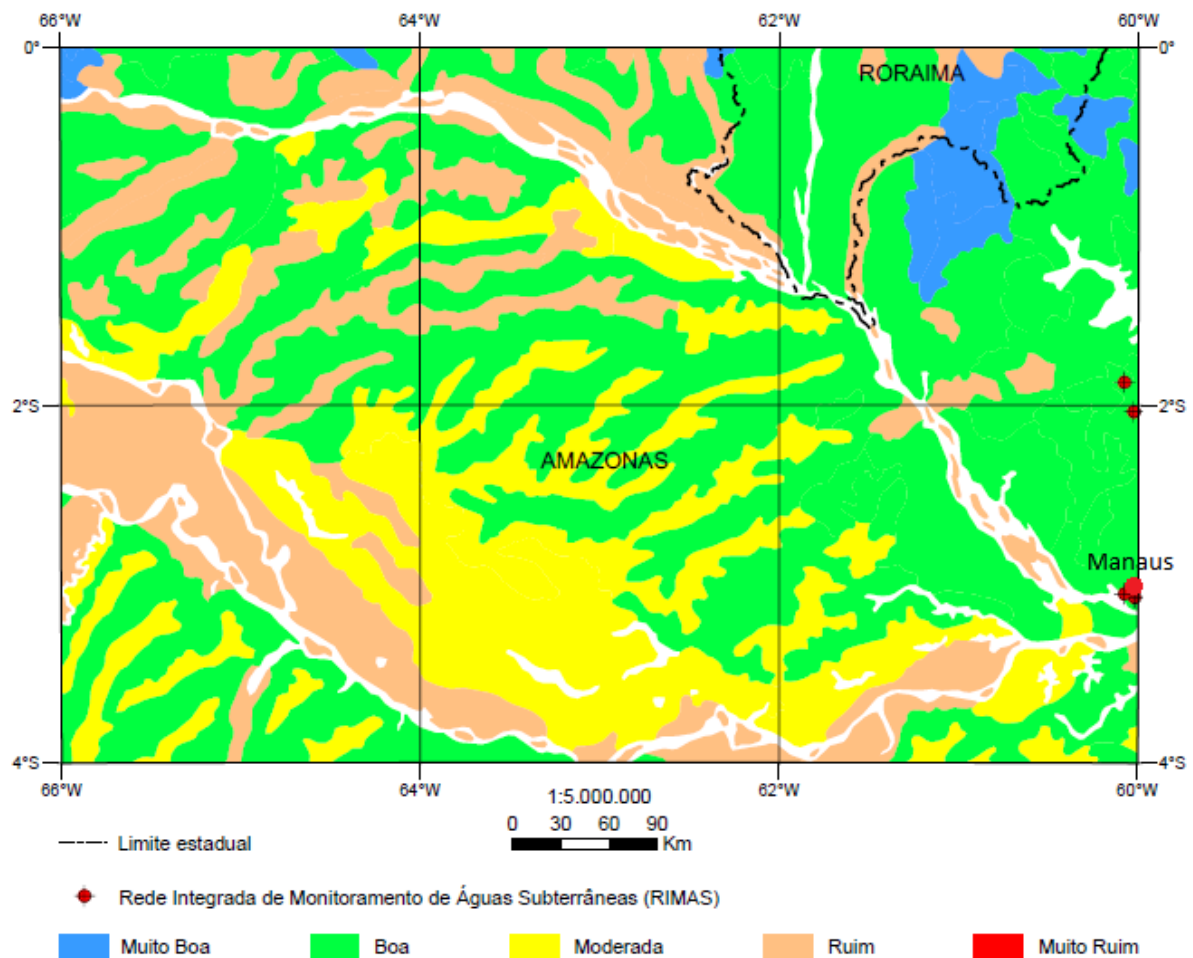
### 3.1 HIDROGEOLOGIA DA REGIÃO

característica é em sua maioria arenitos médios a grossos que se intercalam com argilitos, a região é, de modo geral, bem permeável e porosa podendo armazenar água subterrânea (figura 3).

Por ser uma região onde a litologia auxilia no armazenamento de água, existe um sistema aquífero Alter do Chão que é o mais importante do Estado do Amazonas. Este sistema ocorre na bacia do Amazonas de forma livre ou sotoposto a Formação Içá e pode atingir 1.250 metros de espessura.

Em geral as águas desta formação são com poucos sais dissolvidos e de boa qualidade para o consumo humano. Estas águas podem conter, em alguns casos, alta quantidade de ferro, devido as características das rochas. Como os centros urbanos da cidade de encontram próximos a grandes rios, é fácil a ocorrência de contaminação humana nas águas subterrâneas.

Figura 3 Capacidade de infiltração do solo e estações de RIMAS



Fonte: CPRM (2008)

#### 4 PERFILAGEM GEOFÍSICA DE POÇO

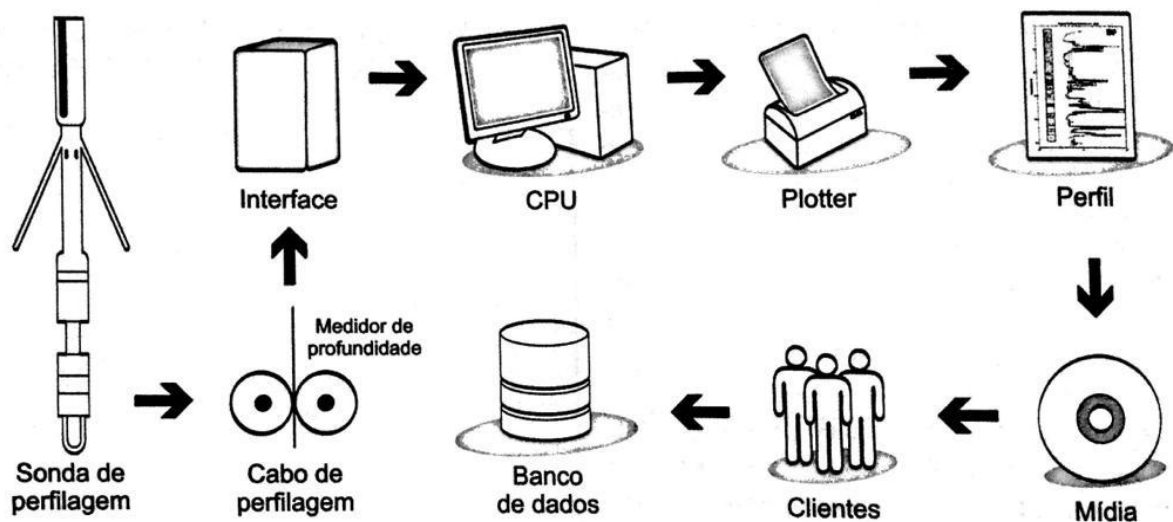
A perfilagem de poço consiste no procedimento de realizar aquisições e interpretações de alguns parâmetros de rochas e formações, e ter assim, uma imagem visual das características analisadas, em relação a profundidade. Os registros fornecidos pela perfilagem geofísica indicam uma grande precisão relacionada a profundidade estudada. Diante disso, é possível adquirir informações quanto as mudanças das camadas litológicas e quanto as características das rochas como, condutividade elétrica, conteúdo radioativo, permeabilidade e salinidade. É necessário que os poços sejam correlacionados com as amostras de calhas, que são os primeiros materiais utilizados na análise exploratória. Essas amostras são coletadas ao longo de todo poço com intervalos de profundidades estabelecidos e são usadas para registro estratigráfico e auxílio na avaliação final, segundo Girão Nery (2004). Com a correlação dos poços e das amostras de calha é possível ter uma maior fidelidade acerca das profundidades e como são constituídas as formações atravessadas na perfuração. Assim, conclui-se que a perfilagem de poço é extremamente importante e eficaz para a exploração de água subterrânea, tendo em vista que locais que possuam mais porosidades e permeabilidade, junto a análise de salinidade do aquífero são fatores imprescindíveis para o projeto de terminação de um poço visando uma excelente produção (Freimann and Alves, 2013).

O processo da perfilagem de poço é dado de maneira simples, e é constituída de três fases: aquisição, processamento e registro (Girão nery, 2013) como mostra a figura 4. Para a realização do procedimento, é usada, dentre os vários equipamentos, uma sonda que contém alguns sensores que podem registrar as características de interesse. Esta sonda desce até o fim do poço através de cabos, que são revestidos externamente por duas malhas de fios de aço, colocadas em forma de hélice e sem sentidos opostos, para fins de segurança mecânica e operacional (Girão Nery, 2013). Os registros são feitos, e recomendados, no momento da subida da sonda, pois desta forma o cabo estará tracionado e os riscos de erros associados a profundidades serão amenizados. Os perfis geofísicos mais antigos, eram gerados de forma analógicas, enquanto que os instrumentos mais modernos, onde a sonda está interligada a um computador que se encontra na

superfície, de modo que, os dados já se apresentem em tempo real e na forma digitalizada.

Novos métodos de perfilagem são usados, como o LWD - Logging While Drilling, onde a sonda já faz as medições durante a perfuração e possui a vantagem de medir as propriedades de uma formação antes que esta seja alterada devido a infiltração do fluido de perfuração, porém este tipo de técnica é utilizada comumente para a exploração de petróleo, por tanto não será importante neste trabalho.

Figura 4 Elementos principais para uma perfilagem geofísica



Fonte: Girão Nery (2013)

#### 4.1 PERFIS ESTUDADOS

Na perfilagem geofísica de poço, podem ser analisados vários parâmetros, porém as características de maior relevância para um estudo de um poço são as elétricas (resistividade elétrica, potencial eletroquímico natural), acústicas (tempo de transito de ondas sonoras) e radioativas (Radioatividade natural e induzida).

No presente trabalho, os perfis apresentavam os registros na forma analogia e continham no mínimo dois dos seguintes parâmetros: Raio Gama (RG), Potencial Espontâneo (SP) e Resistividade Elétrica (RE).

O parâmetro acústico não se torna interessante para este tipo de trabalho, visto que, trata-se de um estudo com ênfase em águas subterrâneas e estes três parâmetros já contribuem de forma eficiente.

#### 4.1.1 Perfil em potencial espontâneo

O perfil de potencial espontâneo (figura 5) basicamente consiste em um registro com diferenças de potencial (milivolts) entre dois eletrodos (um junto a sonda e outro fixo na superfície) desenvolvidas em um poço, relacionando o contato entre o filtrado de lama da perfuração e as água da formação.

Para Girão Nery (2004), a curva de SP é constituída de processos electrocinéticos e electroquímicos, que definem a força electromotriz geradora.

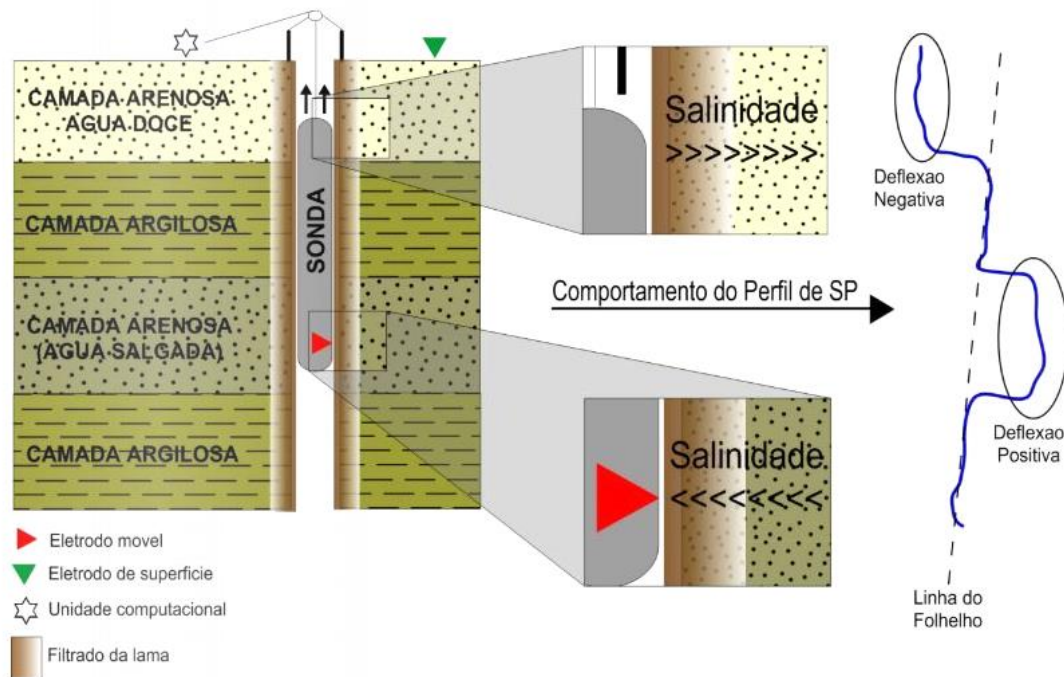
O primeiro desses processos ocorre quando uma substancia ionizada se move através de um meio permeável. O filtrado de lama é obrigado a penetrar nas formações, pois existe uma diferença de pressão entre os fluidos pressurizados nas camadas. Contudo, sabendo que poços para a água possuem pequenas profundidades, este processo potencial pode ser desprezível.

O segundo processo é de maior relevância, pois é produzido pela junção de diferentes soluções dentro de um poço. Esta ligação é gerada em um poço a partir da seguinte junção: lama – filtrado / filtrado – água de formação / água de formação – folhelho / folhelho – lama (Girão Nery, 2004).

Para o estudo de águas subterrâneas, as perfilagens em regiões com argilas, folhelhos e camadas mais impermeáveis, são propensas a apresentarem valores mais constantes. Estes valores estáveis são chamados de “Linha de folhelho”. Porém, com camadas litológicas mais permeáveis, estes valores tendem a ser mais instáveis e apresentar perturbações. Estas perturbações podem ser tanto para a direita (perturbação positiva) quanto para a esquerda (perturbação negativa). Estas perturbações estão associadas a salinidade relativa da lama de perfuração para a água que está na região investigada. Portanto, quando a perturbação é positiva, entende-se que a salinidade da lama de perfuração é maior que a da água da formação. Quando a perturbação é negativa, deduz-se que a salinidade da lama de perfuração é menor que a da água da formação. Diante disso, as perturbações positivas apresentam águas de melhor qualidade para o ser humano.

O perfil de potencial espontâneo é útil para nos oferecer informações sobre as espessuras das camadas permeáveis, o volume de argila no reservatório e a salinidade dos aquíferos.

Figura 5 Comportamento do perfil de potencial espontâneo



Fonte: Freimann and Alves (2013).

#### 4.1.2 Perfil de resistência elétrica

O processo para este perfil (figura 6) basicamente constitui a ideia de registrar a diferença de potencial entre dois eletrodos, um fixado na superfície e outro acoplado a sonda que percorre o poço. Essa diferença de potencial varia de acordo com a formação que está sendo atravessada pela corrente elétrica (Freimann and Alves, 2013).

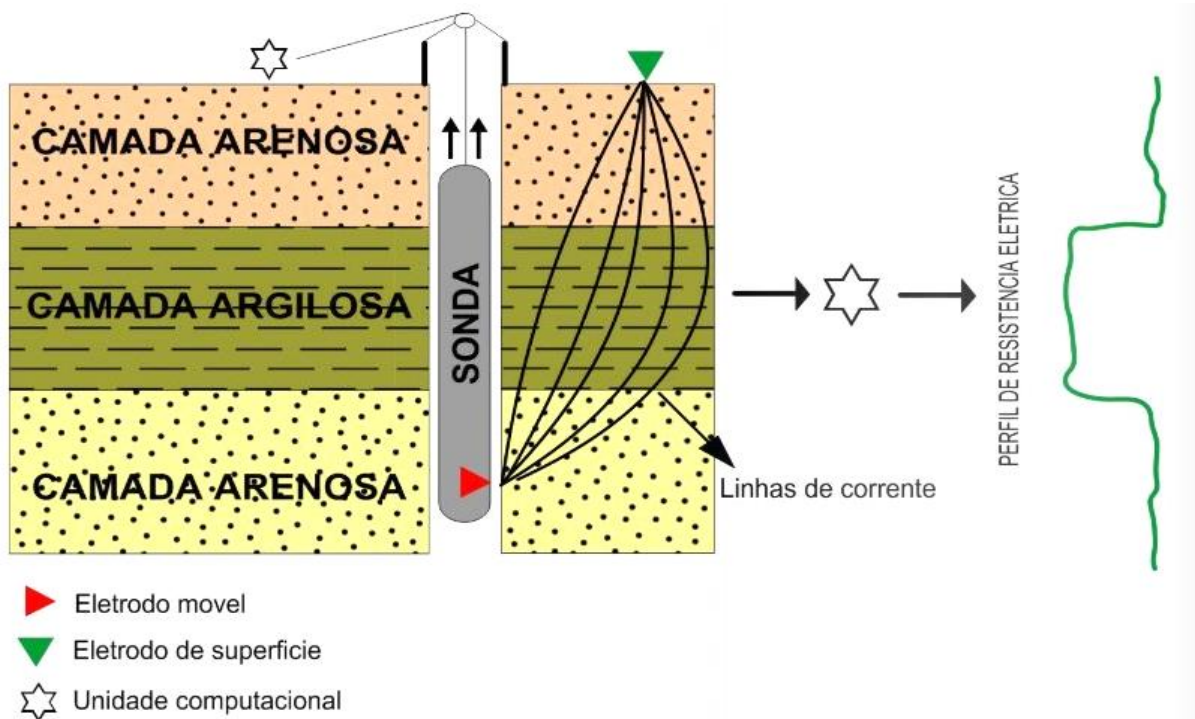
Para que este perfil seja efetuado, é necessário saber que os valores alcançados deste processo são valores não absolutos, ou seja, o que se pode dizer sobre as camadas, é que elas são umas mais resistivas ou menos resistivas do que as camadas vizinhas. Diante disso, o perfil de resistividade elétrica é tratado como um método qualitativo. Os valores obtidos por este método são dados em Ohm.

Para os estudos de aquíferos, deve-se conhecer como os perfis elétricos se comportam. Quando se tem valores baixos de resistividade, infere-se que há a presença de materiais mais argilosos, pois a argila apresenta íons dissolvidos, o que a torna condutiva (que é o inverso de resistiva). Já quando apresentam valores mais altos, conclui-se que aquela zona é constituída de materiais arenosos. Com isso, quando a água doce se encontra com materiais argilosos, a condutividade aumenta

por conta dos seus íons dissolvidos e quando esta água encontra materiais arenosos, a condutividade diminui. Assim, para a prospecção de água subterrânea, é interessante trabalhar em zonas onde a resistividade elétrica se mostra alta, visto que, geralmente os reservatórios se encontram em locais arenosos. Algumas oscilações nos valores de resistividade podem ser interpretados como a presença de material argiloso espalhada no meio arenoso, ou variação de de salinidade da água presente na formação (Freimann and Alves, 2013).

Este perfil de resistividade elétrica nos fornece dados sobre a espessura das camadas, salinidade da água da formação, argilosidade e limite entre as camadas

Figura 6 Comportamento do perfil de Resistência elétrica



Fonte: (Freimann and Alves, 2013).

#### 4.1.3 Perfil de raio gama

O perfil de raio gama (figura 7) é o registro da radiação natural provenientes da desintegração de isótopos radioativos encontrados em algumas formações litológicas acompanhadas de partículas alfa, beta e gama (Freimann and Alves, 2013).

Os raios gamas são um tipo de radiação eletromagnética de frequência alta, que possuem uma grande capacidade de penetração na matéria e transportam uma

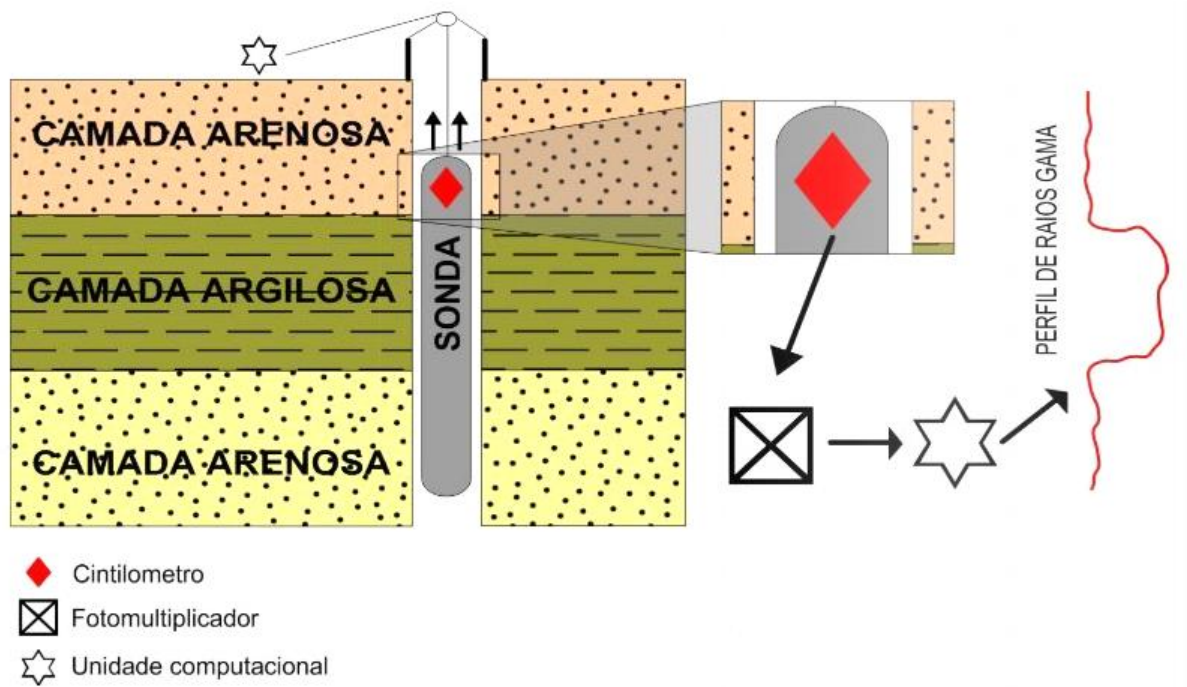
quantidade de energia considerável e são provenientes de três fontes distintas: da desintegração do urânio ( $U^{235}$ ), da desintegração do tório ( $Th^{232}$ ) e, do potássio ( $K^{40}$ ). Estes elementos são os encarregados de quase toda radiação natural da terra.

Para se obter um perfil deste tipo, é necessário um detector como um cintilômetro acoplado a sonda, que irá se deslocar a uma velocidade constante através do poço. Os raios gama não são detectados diretamente como energia eletromagnética, mas sim com suas interações com os átomos ou moléculas já existentes no interior dos detectores (Girão Nery, 2004). O cintilômetro usado nada mais é que um cristal que emite um fóton quando atingido por um raio gama. Estes cristais, que comumente são de fosforo com iodeto de sódio e são ativados por tálio conectado a um fotomultiplicador, que aumenta eletronicamente a corrente elétrica em até um milhão de vezes e são contadas em uma janela de tempo e registrados para produzir o perfil. As unidades dos valores de raio gama são dadas Contagem Total por Segundo (CPS) em relação a profundidade.

O comportamento do perfil de raio gama vai depender muito do ambiente ao qual a formação está inserida. Em ambientes de caráter sedimentar, os raios gama são oriundos do isótopo radioativo do potássio ( $K^{40}$ ), podendo também ter influências dos outros dois isótopos radioativos naturais principais (Urânio e Tório). No ambiente sedimentar, o potássio está associado à presença de material argiloso. Com isso, os altos valores de raio gama são gerados por camadas argilosas e folhelhos - visto que essas rochas são altamente radioativas, ao passo que, os baixos valores estão ligados a presença de material arenoso, areia ou materiais que contenham baixo teor de argila. Portanto, para a investigação de aquíferos, o melhor ambiente é aquele onde possui a maior probabilidade de possuir reservatórios de águas, sendo assim, os locais onde apresentam os menores valores de raio gama. Dessa forma, é importante o conhecimento prévio da geologia do local - com as amostras de calha, onde o poço se localiza, visto que, existem vários fatores, extra litológicos ou radioativos, que afetam os resultados mostrados pelo perfil de raio gama.

Com isso, pode-se afirmar que com o perfil de raio gama (RG), é possível determinar a espessura das camadas litológicas, identificar a litologia das camadas e presumir a argilosidade.

Figura 7 Comportamento do perfil de Raio Gama



Fonte: Freimann and Alves (2013)

## 5 CORRELAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS

O presente trabalho foi realizado com os dados de poço que foram feitos na capital amazonense. Estes dados foram catalogados em forma de tabela para que houvesse o controle dos tipos de registros que os perfis continham, a quantidade de poços perfurados e o nome de cada um dos poços. A maioria dos poços continham os três seguintes registros no perfil: RG, RE e SP. Os perfis se encontravam de forma analógica e todos passaram por um processo de digitalização para serem correlacionados. Com exceção de um dos poços, que continham os registros necessários, porém sem informações sobre o local da perfuração e quais eram as linhas de RG, RE e SP no perfil. Após o processo de digitalização e correlação, o resultado final é a elaboração de seções litológicas da sub-superfície, usando as descrições litológicas da região como modelo para produzir estas seções.

### 5.1 TABELAS DE POÇOS SELECIONADOS

Foi gerado uma tabela para que pudesse ser usada como auxílio no momento que fossem relacionados os poços. As informações como os nomes dos poços usados no trabalho, são os mesmo nomes encontrados no registro analógicos, assim como todas as informações contidas na tabela. Estes dados (apresentados no apêndice A) contém as seguintes informações:

- Locais onde foram feitos os poços;
- Profundidade dos poços;
- Nome de cada um dos poços;
- Quais os registros que cada perfil continha.

### 5.2 DIGITALIZAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS

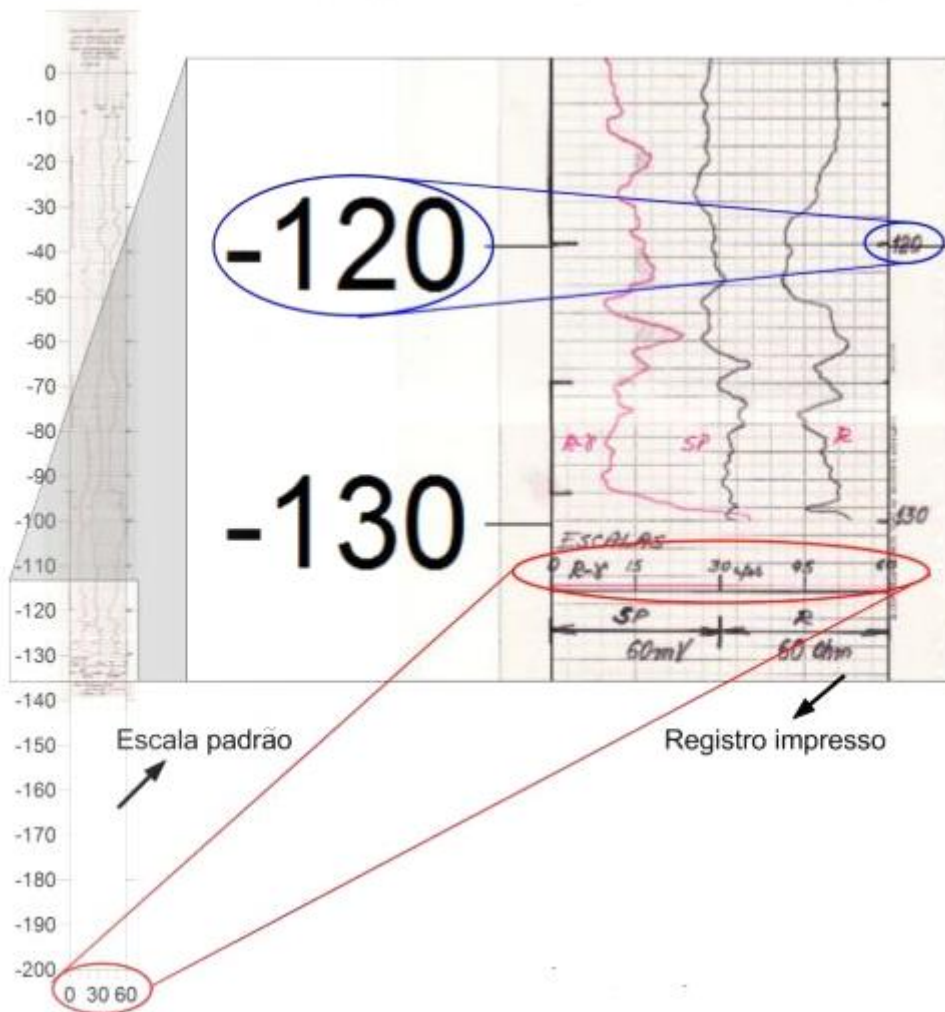
Os perfis escolhidos para serem processados foram fornecidos pelo laboratório de prospecção do CGGF da Universidade Federal do Pará, através do Professor Msc. Jose Geraldo das Virgens Alves. Todos os perfis estavam na forma analógica. Cada perfil foi devidamente escaneado, mostrando com clareza as imperfeições contidas nas folhas de regist

das imagens escaneadas afim de melhorar sua forma para que, assim, pudessem ser digitalizadas.

Após esse primeiro processo de edição de imagens, foi criado um mapa base de padronização no software Surfer® da Golden Software, usado para que o perfis fossem encaixados neste mapa e assim todos os registros ficassem padronizados para a digitalização. Assim, as amplitudes nos registros RG(CPS), SP(mV) e RE(Ohm) e profundidade(m) se tornaram padronizadas. Com os registros padronizados, foram feitos pequenos pontos com cliques em cima da linhas dos perfis e estes pontos criaram uma tabela. Esta tabela, posteriormente foi plotada Grapher™ da Golden Software, tendo o cuidado de plotar os perfis em escalas que preservem os dados obtidos, mas não apareçam de forma desorganizada (um registro sobrepondo outro registro).

Para a imagem escaneada ser digitalizada, o perfil foi encaixado no mapa base para que os valores de RG, RE e SP e profundidade ficassem em uma escala padrão (figura 8). Com os registros padronizados, foram feitos pequenos pontos com cliques em cima da linha dos perfis.

Figura 8 Modelo de digitalização no Surfer



Fonte: Freimann and Alves (2013)

### 5.3 CORRELAÇÃO GEOFÍSICA POÇO A POÇO

Com os perfis geofísicos já digitalizados, todos com escalas padronizadas e os perfis litológicos inseridos para serem utilizados como modelo, foi possível iniciar a interpretação e correlação dos poços. A disposição comumente usada no grid de perfilagem é com o registro de raio gama à direita, o registro de potencial espontâneo ao meio e o registro de resistividade elétrica à esquerda (Freimann and Alves, 2013). Para que não houvesse problemas quanto a identificação dos registros nos perfis, os mesmos foram classificados por cores, sendo vermelho(RG), azul(SP) e verde(RE).

A primeira etapa a ser feita para a correlação foi posicionar os topos de cada poço em sua respectiva cota topográfica para referenciar a profundidade (Freimann and Alves, 2013).

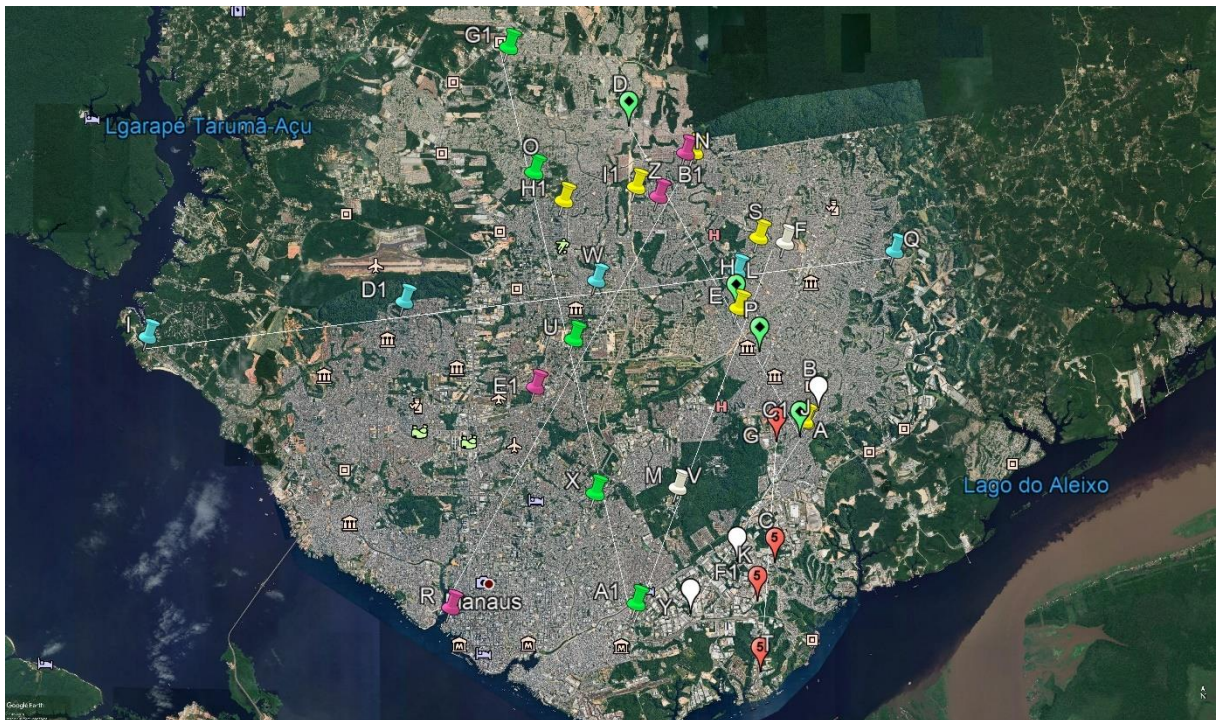
Nas seções (4.1), (4.2) e (4.3) compreende-se como as camadas litológicas pesquisadas podem influenciar em como os registros geofísicos se comportam. Nos registros onde as zonas podem ser consideradas argilosas e com difícil capacidade de penetração, os valores mostram-se bem constantes, onde há pouca variação de amplitude. Enquanto que, em regiões de caráter mais arenoso, os perfis demonstram variações de amplitudes maiores. O perfil de Raio Gama (RG) apresenta amplitudes menores em locais com baixa argilosidade, desta mesma forma, ocorre o comportamento do perfil de Potencial Espontâneo (SP) em ambientes arenosos. Já o perfil de Resistividade Elétrica apresenta deflexões positivas quando há um aumento na resistividade da região. Diante disso, em zonas que apresentam grandes deflexões para a esquerda para RG e SP e deflexões para a direita para RE, apontam para zonas mais limpas que podem armazenar água de melhor qualidade para consumo.

A mudança entre camadas mais permeáveis e camadas impermeáveis mostram comportamentos característicos que auxiliam no momento da interpretação dos dados.

#### 5.4 SEÇÕES LITOLÓGICAS SUGERIDAS

As seções foram divididas em 7 perfis distribuídos pela cidade, possuindo entre 4 e 6 poços. Os poços escolhidos foram os que obtiveram maior qualidade nos dados (quando houvessem poços igualmente posicionados) e também, poços que se encontravam coerentemente localizados. Foram traçadas linhas no mapa (figura 9) a fim de se representar os conjuntos de poços utilizados para cada perfil. Nem todos os poços cedidos foram utilizados no momento de construir as linhas de perfis e algumas linhas se interceptavam, sendo usados então, os mesmos poços em diferentes perfis.

Figura 9 Linhas dos perfis geofísicos para as seções litológicas



Fonte: Do autor.

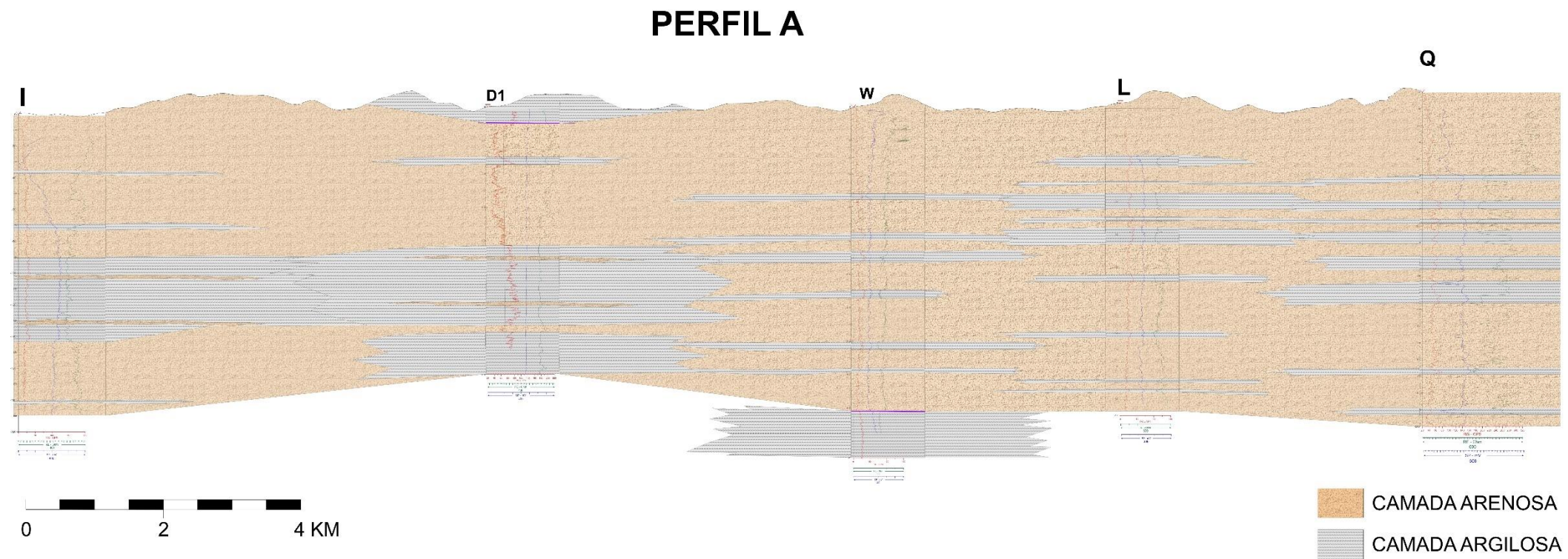
#### 5.4.1 Perfil A: poços I - D1 - W - L - Q

Este perfil (figura 10) é feito embasado em informações de 5 poços diferentes. "I" (abastecimento do HOTEL TROPICAL AMAZONAS), o poço "D1" (abastecimento da empresa COELMA), "W" (abastecimento do conjunto habitacional São Judas), "L" (captações da COSAMA) e poço "Q" (abastecimento da empresa TURBO CONSTRUÇÕES).

A correlação (figura 11) entre os poços neste perfil, apresenta a presença de interdigitações de camadas argilosas que se intercalam a camadas mais arenosas. Como as partes mais arenosas são constituídas de arenitos, pode-se observar a presença de dois prováveis aquíferos que se destacam neste pacote sedimentar. Estes dois aquíferos mostram-se em torno de 140 e 160 metros de profundidade absoluta dos poços. O primeiro aquífero, encontrado próximo ao poço "I", possui uma espessura considerável e apesar de estar em um ambiente de intercalações e ser sobreposto por uma grande camada de argila, mostra poucas oscilações argilosas em seu meio. O aquífero tem uma espessura de em torno de 36 metros e



Figura 11 Representação da linha do perfil A, em vermelho. Esta linha compreende os poços I-D1-W-L-Q



Fonte: Do autor.

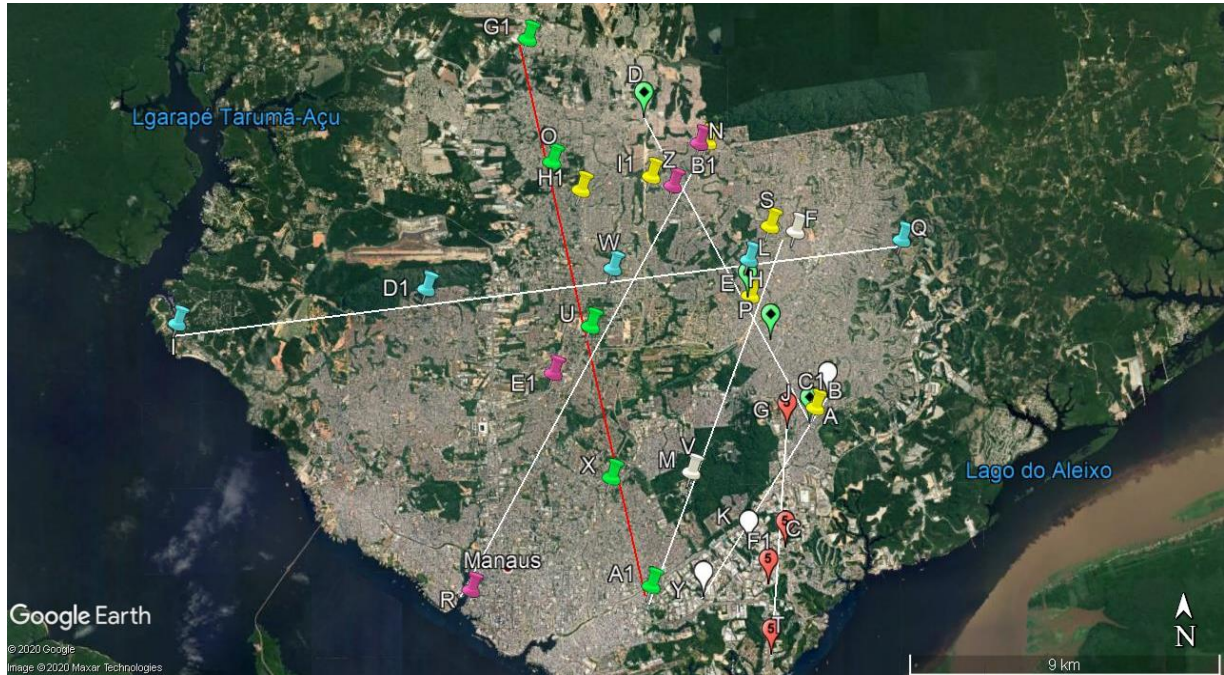
#### 5.4.2 Perfil B: Poços G1 - O - U - X - A1

Este perfil (figura 13) foi composto também com cinco unidades de poços diferentes entre si. "G1" (captações da COSAMA), "O" (captações da COSAMA), o poço "U" (abastecimento da empresa CORREIO), "X" (abastecimento do condomínio Portal da Cidade) e o o poço "A1" (abastecimento da empresa ENGEO). Na área de captação do poço "O", existiam dois dados de poços geofísicos: O e H1, porém o poço "H1" não foi escolhido pois apresentava sinais muito ruidosos e isso acarretaria em uma má interpretação dos dados, apesar de possuir a mesma profundidade do poço "O".

Em toda região de Manaus é possível notar as intercalações entre camadas arenosas e camadas argilosas, assim como a presença de lentes de argilas e lentes de arenito. Diante disso, é possível identificar diversos locais propensos a armazenar água, com isso, existem dois lugares onde encontram-se alguns aquíferos. A primeira região é apresentada entre os poços "G1" e "U", onde há a possibilidade de haverem cinco aquíferos, o primeiro é o mais raso e encontra-se em torno de 110 metro de profundidade do poço "O" e tem uma espessura de aproximadamente 7 metros. O segundo aquífero desta primeira região está logo abaixo do primeiro, e encontra-se localizado em torno de 118 metros de profundidade, também do poço "O", e tem cerca de 5 metros de espessura. O terceiro aquífero desta região é o mais espesso e está em torno de 130 metros de profundidade e possui cerca de 70 metros de espessura, e por conta disto, há algumas lentes de argilas que se encontram em meio a este aquífero, contaminando argilosamente esta água. E os dois últimos aquíferos desta região podem ser encontrados dentro de pacotes de argila no poço "G1" e estão em torno de 110 e 128 metros de profundidades. A segunda porção, encontra-se entre os poços "U" e "A1", nesta região, encontram-se cinco possíveis aquíferos, sendo o primeiro sobreposto e sotoposto por camadas de argilas e localizado em torno 90 metros do poço "X" e com suas laterais bem definidas. O segundo aquífero está localizado logo abaixo e também é sobreposto por camadas argilosas e se mostra em torno de 95 metros de profundidade do poço, além de ser mais espesso e assim como o primeiro aquífero, possui suas laterais bem definidas. O terceiro encontra-se em torno de 114 metros de profundidade, e assim como os dois primeiros aquíferos, possui suas laterais bem definidas e também é sobreposto por argilas. O quarto e o quinto

aquíferos podem ligar-se, pois existem apenas algumas lentes de argilas que os separam, e os aquíferos se apresentam em torno de 125 e 130 metros de profundidade absoluta do poço, respectivamente.

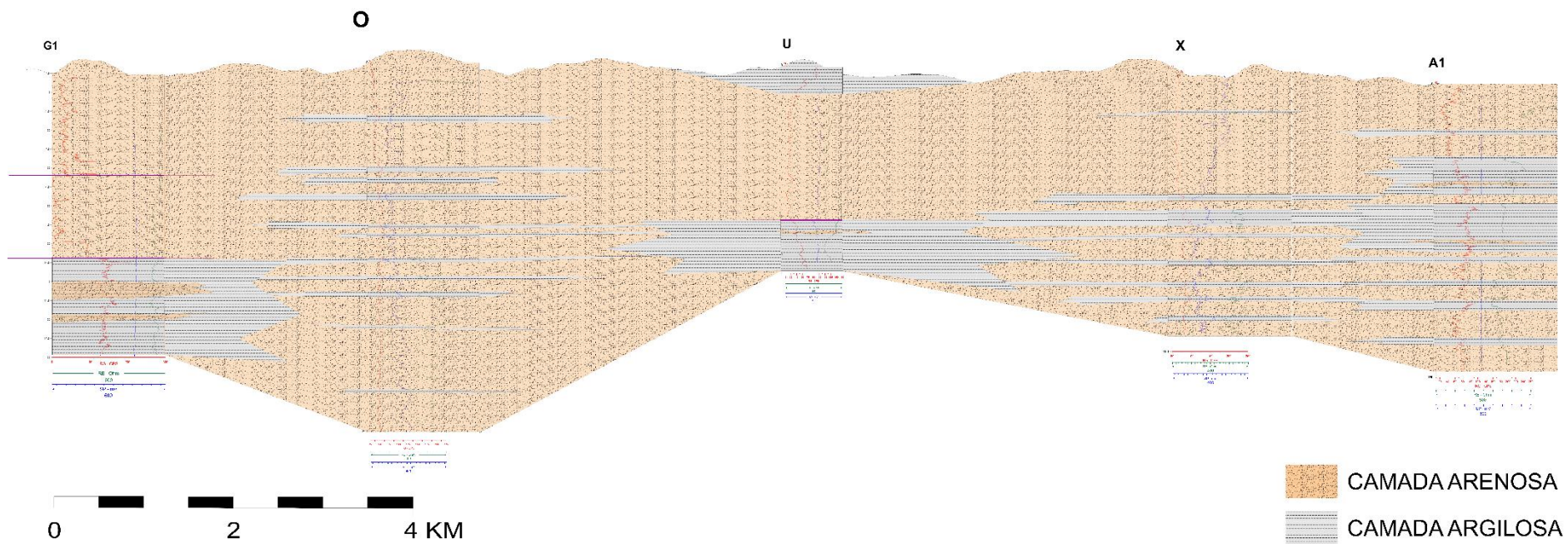
Figura 12 Representação da linha do perfil B, em vermelho. Esta linha compreende os poços I-D1-W-L-Q



Fonte: Do autor.

Figura 13 Representação do perfil litológico

# PERFIL B



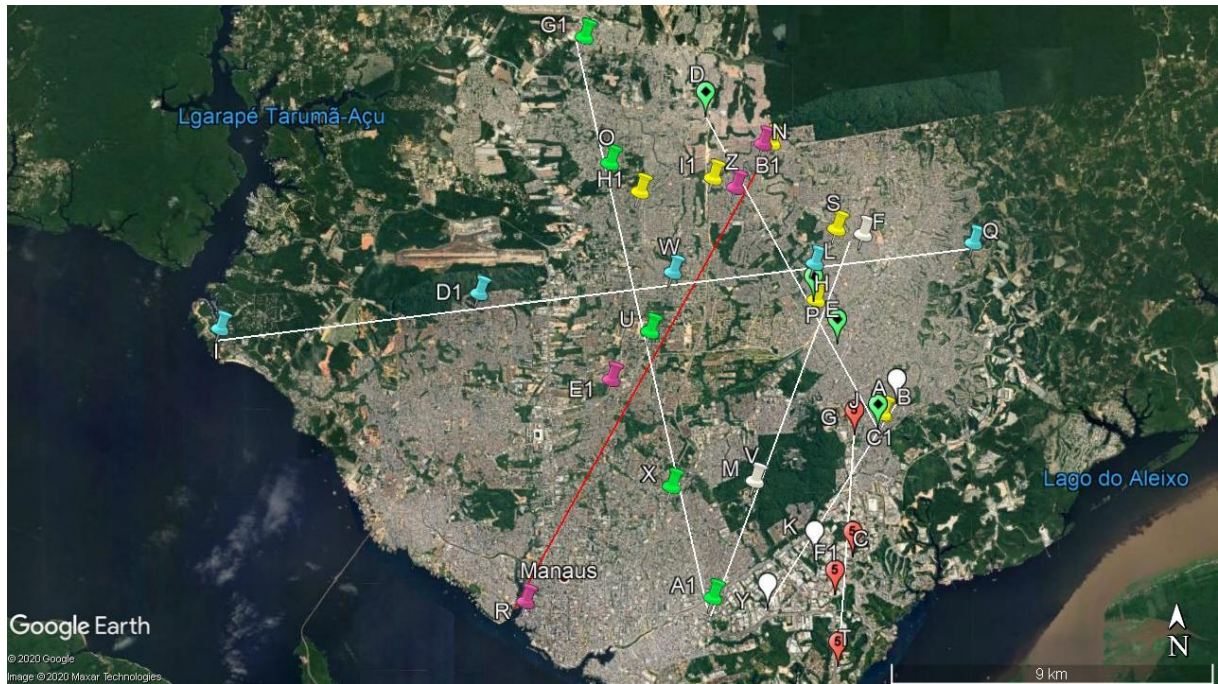
Fonte: Do autor.

#### 5.4.3 Perfil C: Poços N - Z - W - U - E1 - R

O terceiro perfil (figura 14) contém informações de seis poços. O poço "N" (captações da COSAMA), o poço "Z" (captações da COSAMA), poço "W" (abastecimento do condomínio São Judas), poço "U" (abastecimento da empresa dos CORREIOS), o poço "E1" (abastecimento da empresa TERRA CONSTRUTORA) e o poço "R" (captações da COSAMA). A linha deste perfil se estende do nordeste da cidade até a porção sudoeste, na área nordeste existiam dois registros de poços geofísicos "N" e "B1", tanto o primeiro como o segundo poço possuíam bons registros, contudo, "N" alcançava maior profundidade.

Nesta região do perfil, há algumas áreas que podem conter água subterrânea, porém existem muitas variações de camadas arenosas e argilosas (figura 15). O primeiro aquífero, apresenta-se entre os poços "N" e "W" no centro do poço "Z" em torno de 96 metros até aproximadamente 115 metros de profundidade absoluta do poço, estas águas podem ter suas laterais chegando até perto dos poço vizinhos, onde se encontram com lentes argilosas. O segundo aquífero localiza-se um pouco abaixo, depois de algumas interdigitações entre as camadas de argila e arenito em torno de 130 a 155 metros de profundidade, assim como o primeiro aquífero, as águas podem chegar até os poços próximos. O terceiro é o mais profundo desta região e se encontra no poço "Z" e vai de 165 a 195 metros de profundidade do poço, e se estende lateralmente até "N" e "W". No centro do perfil, pode-se encontrar um aquífero, na região do poço "U", onde ele ocorre em torno de 60 a 80 metros de profundidade do poço e é sobreposto por camadas de argilas e suas laterais também encontram algumas lentes de argilas. Na área entre os poços "E1" e "R" existe um grande aquífero que liga os dois poços, este aquífero encontra-se em torno de 90 a 130 metros do poço "E1" e liga-se até o poço "R", onde o mesmo se expande e fica em torno de 80 a 160 metros de profundidade absoluta do poço, porém próximo ao poço "R" há muitas lentes de argilas e isso pode fazer com que o aquífero forme ramificações entre as camadas. Também no poço "R" pode-se identificar mais dois aquíferos na porção mais rasa, onde localizam-se em torno de 40 a 48 metros e 53 a 60 metros de profundidade do poço "R" e são menos contaminados por argilas, apesar de estarem mais propensos a contaminação externa.

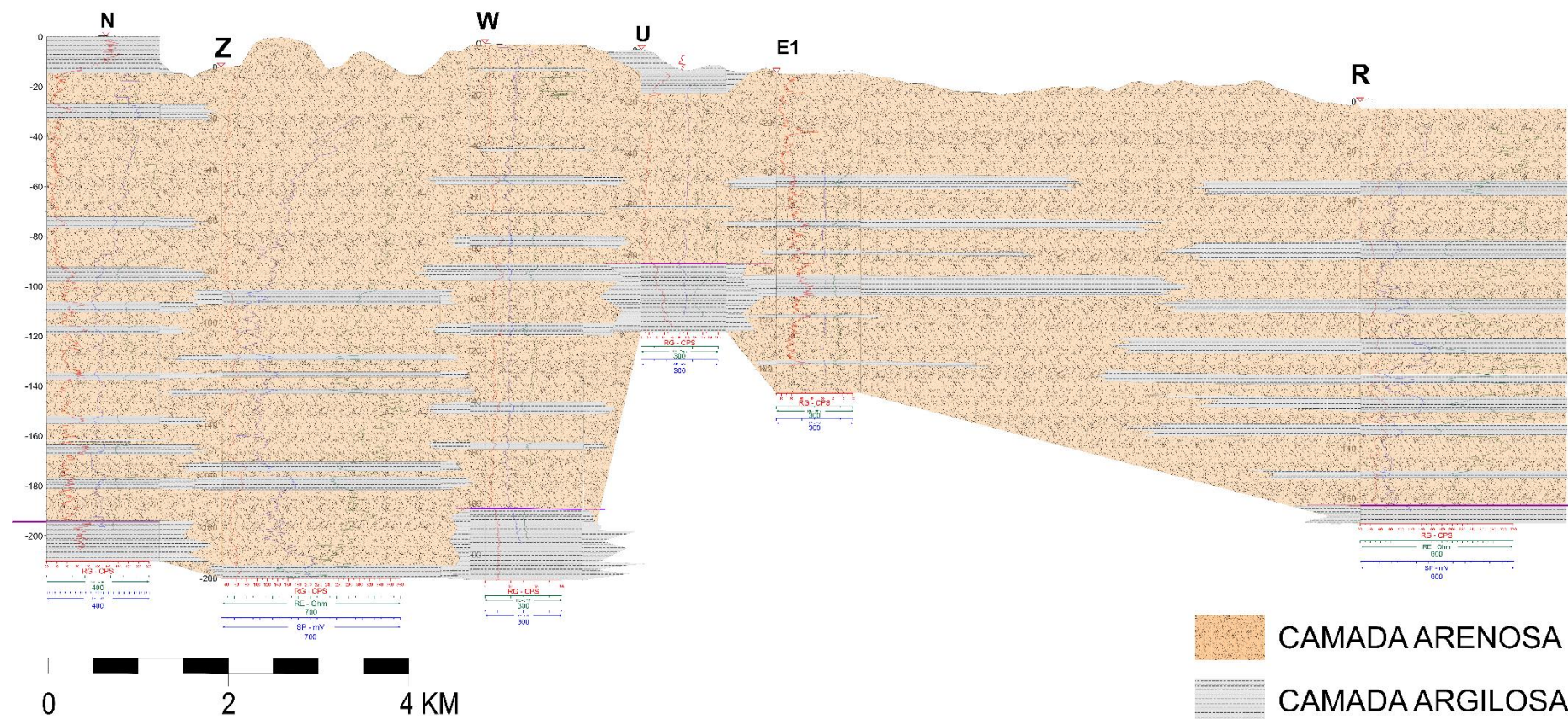
Figura 14 Representação da linha do perfil C, em vermelho. Esta linha compreende os poços N-Z-W-U-E1-R



Fonte: Do autor.

Figura 15 Representação do perfil litológico

# PERFIL C



Fonte: Do autor.

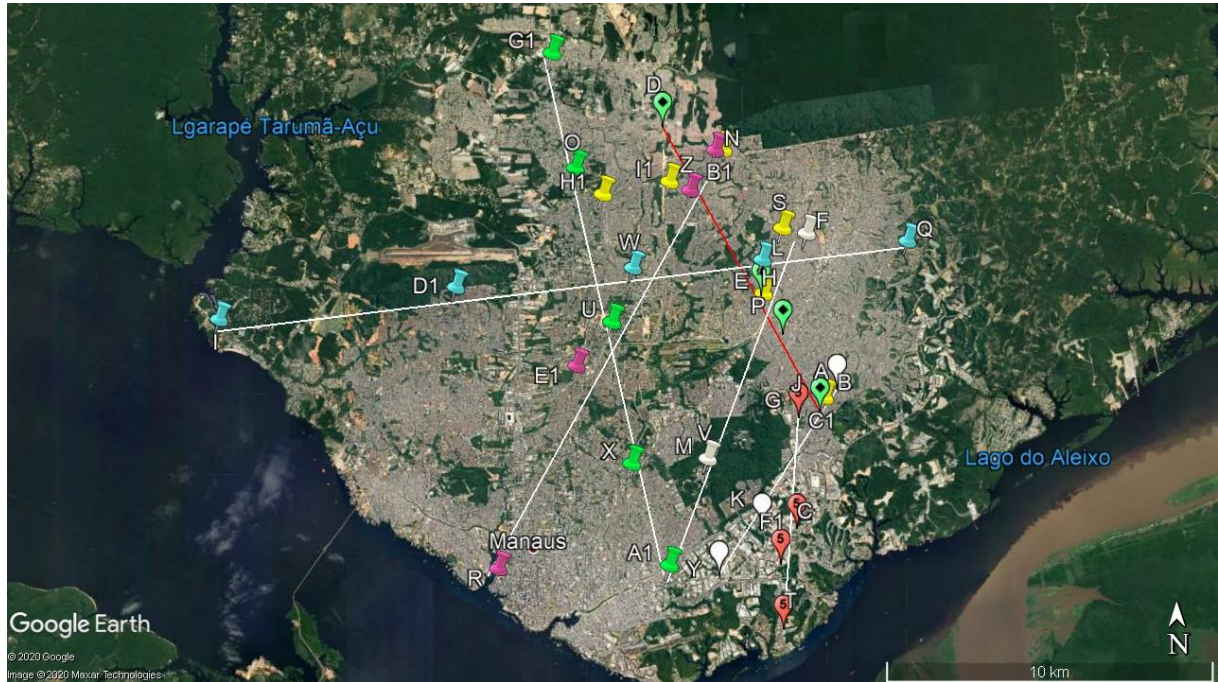
#### 5.4.4 Perfil D: Poços D - Z - L - H - P - J

O quarto perfil (figura 16) contém informações de seis poços. O poço "D" (captações da COSAMA), "Z" (captações da COSAMA), "L" (captações da COSAMA), "H" (abastecimento empresa CONSTRUTORA COMAGI), "P" (captações da COSAMA) e "J" (captações da COSAMA). Ao final da linha do perfil existiam dois registros de poços geofísicos, "A" e "J", porém o poço com melhor qualidade de registros foi escolhido, embora tivessem a mesma profundidade. Ao meio da linha acontece a mesma situação entre os poços "H" e "E", e também houve o mesmo critério para a escolha do poço "H".

Este perfil (figura 17) está carregado de intercalações entre camadas de argilas e camadas de arenito. Do poço "D" ao poço "L" é possível reconhecer três grandes aquíferos que interligam-se entre os poços, o primeiro e mais raso aquífero fica em torno de 28 metros de profundidade do poço mais a esquerda e se estende lateralmente até próximo do poço "L", onde encontra-se com algumas camadas de argila. O segundo aquífero localiza-se em torno de 143 metros do poço "D" e prossegue até junto ao poço "H". O terceiro aquífero desta região situa-se em torno 180 metros de profundidade do "D" e sua lateral se prolonga até ao poço "H". No poço "L" pode-se encontrar dois aquíferos que estão em torno de 85 e 115 metros de profundidade absoluta do poço e que não se estendem até poços vizinhos. Na região dos poços "P" e "J" mais quatro aquíferos, o primeiro está localizado no último poço em torno de 83 metros de profundidade e está sobreposto e sotoposto por camadas de argilas, o segundo encontra-se em torno de 100 metros de profundidade do mesmo poço e logo abaixo o terceiro aquífero que está em torno de 130 metros, estes três aquíferos podem estar contaminados por pequenas porções de argila, visto que, os registros contém muitas variações no raio gama. O último aquífero mostra-se em torno de 183 metros de profundidade do poço "P" e prossegue até junto ao poço "J".

Em diversos lugares desta linha de perfil pode-se encontrar outras áreas que podem armazenar água, porém não são tão espessas quanto as demais citadas acima.

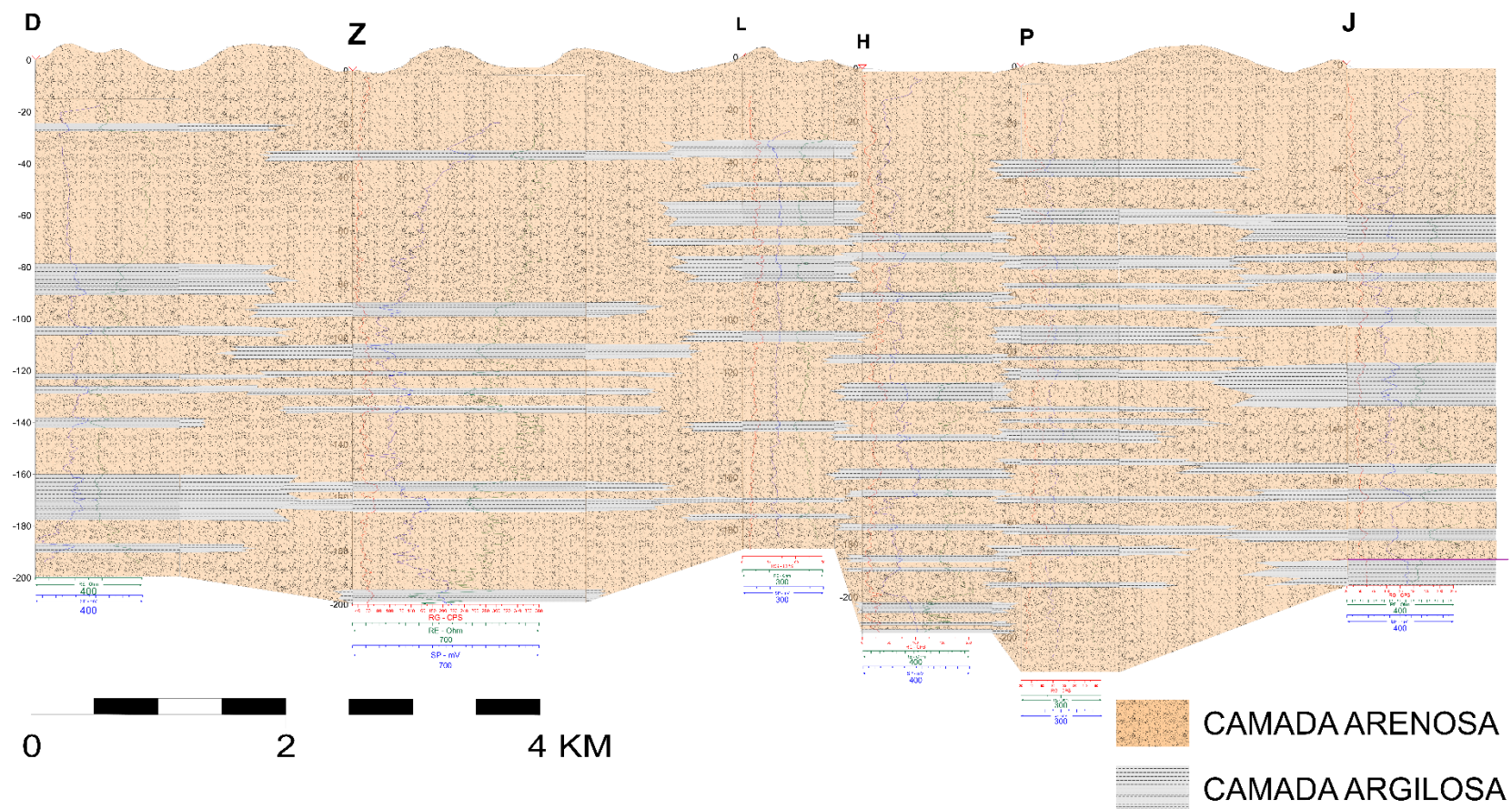
Figura 16 Representação da linha do perfil D, em vermelho. Esta linha compreende os poços D-Z-L-H-P-J



Fonte: Do autor.

Figura 17 Representação do perfil litológico

# PERFIL D



Fonte: Do autor.

#### 5.4.5 Perfil E: Poços G - C - F1 - T

Este perfil (figura 18) contém informações de quatro poços geofísicos. "G" (captações da COSAMA), "C" (abastecimento da empresa TERMOTÉCNICA DA AMAZÔNIA), "F1" (abastecimento da empresa GILLETE DO BRASIL) e "T" (abastecimento da empresa PETROBRAS).

A área onde este perfil está não apresenta muitas variações entre as camadas predominantes como os perfis anteriores (figura 19), logo, as zonas onde os aquíferos ficam alojados se tornam mais evidentes. O primeiro aquífero está próximo ao poço "G", em torno de 115 metros de profundidade absoluta do poço e possui uma espessura considerável, além de não conter contaminação por lentes de argilas. O segundo aquífero localiza-se logo abaixo, sobreposto por camadas de argilas em torno 150 metros de profundidade e possui uma espessura de cerca de 6 metros. O terceiro aquífero se encontra em torno de 160 metros de profundidade do poço mais à esquerda e este aquífero estende-se até o poço "T" e devido a sua grande extensão e espessura, encontra algumas lentes argilosas mais densas, posicionadas na vizinhança do poço "F1". Notou-se a presença de outro aquífero localizado em torno de 150 metros de profundidade do poço "F1" que se estende para a esquerda até encontrar uma camada de argila e do lado direito se prolonga até o último poço, sendo que nas laterais o aquífero se torna mais denso. Na porção do poço "T" se encontram mais seis possíveis aquíferos, além daqueles que se interligam aos outros poços vizinhos, o primeiro fica em torno de 23 metros de profundidade absoluta do poço e por ser raso se torna mais propenso a contaminação externa, logo abaixo existem mais dois aquíferos que são menos espessos em torno de 47 e 58 metros de profundidade. Há mais dois aquíferos com pouca densidade em torno de 90 e 95 metros de profundidade que se estendem até poço "F1", o último está localizado cerca de 120 metros de profundidade do poço e possui uma espessura de aproximadamente 8 metros e também é sobreposto por camadas de argilas.

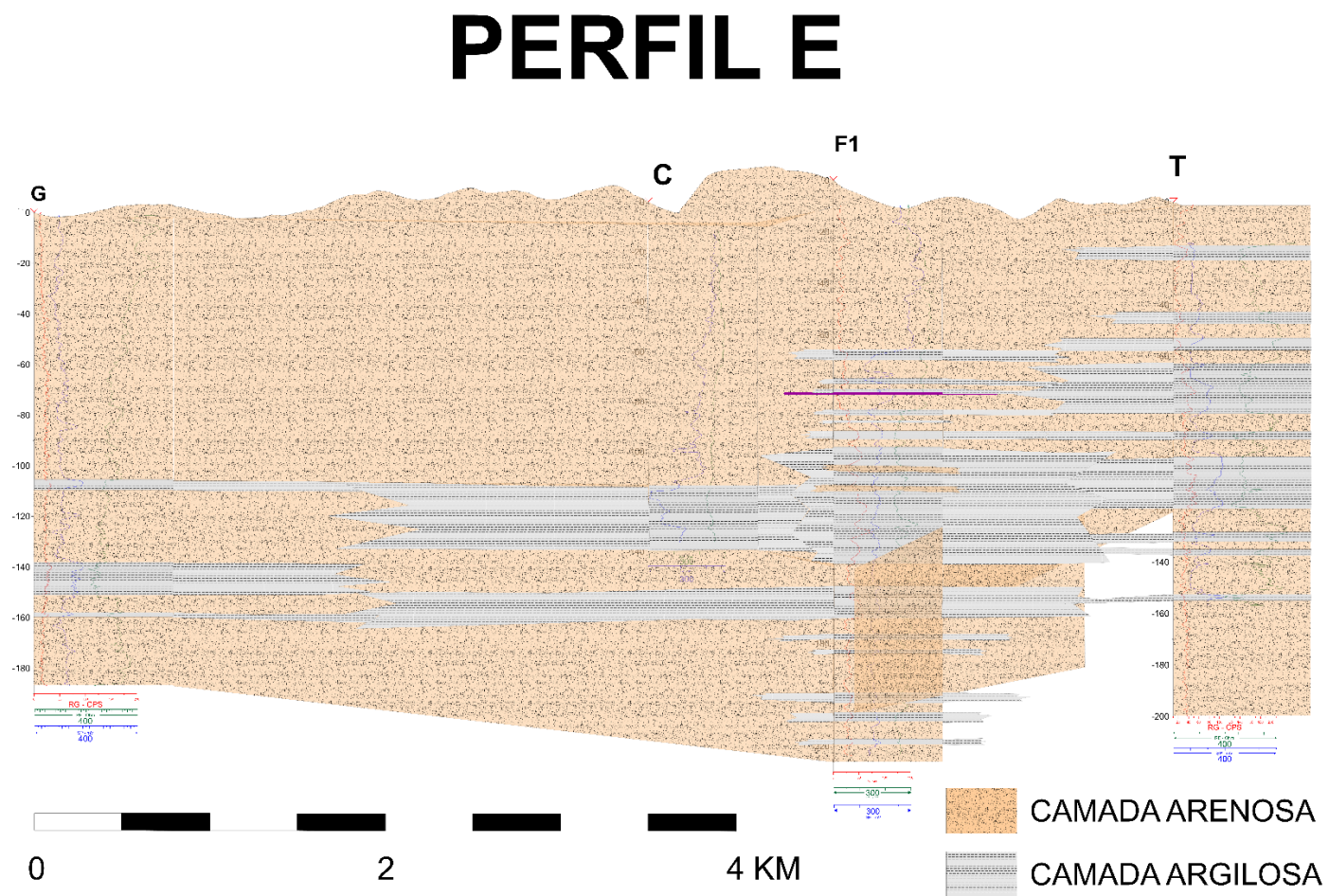
Há duas porções de possíveis aquíferos no poço "F1" que se encontram dentro de pacotes argilosos, porém devido a pouca densidade e a presença de aquíferos mais espessos nas proximidades, estas duas porções de água se tornam pouco relevantes.

Figura 18 Representação da linha do perfil E, em vermelho. Esta linha compreende os poços G-C-F1-T



Fonte: Do autor.

Figura 19 Representação do perfil litológico



Fonte: Do autor

#### 5.4.6 Perfil F: Poços B - J - K - Y

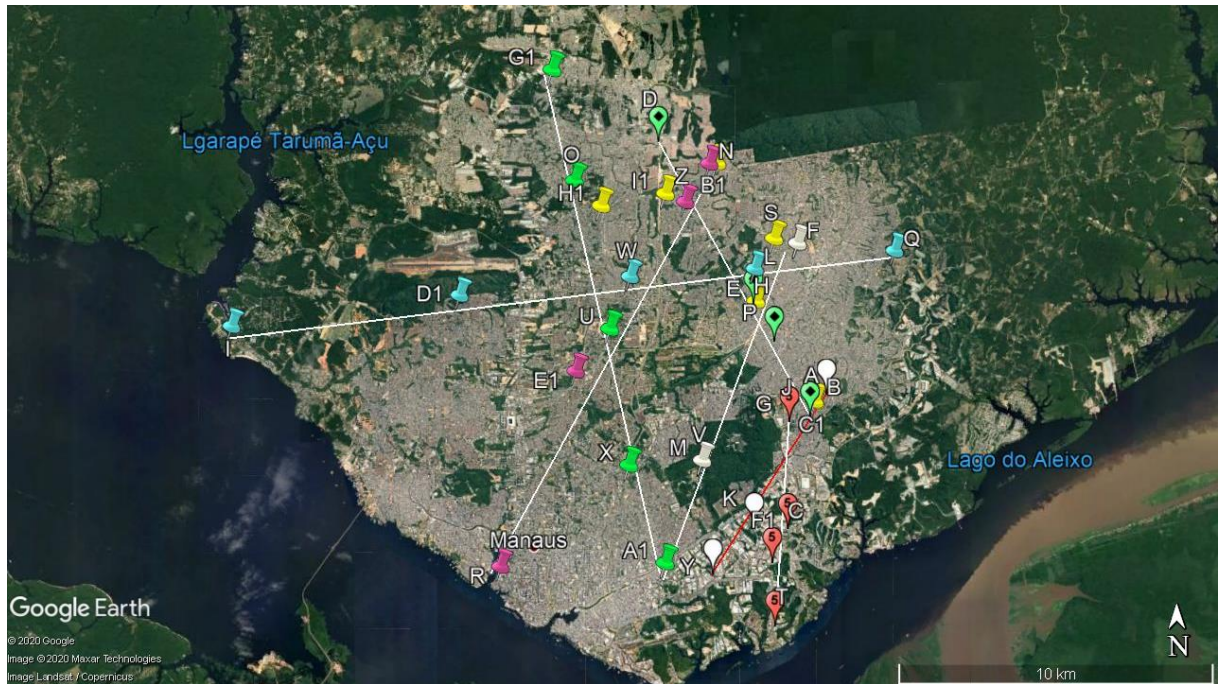
O sexto perfil (figura 20) é formado com informações de quatro poços. "B" (abastecimento da empresa MANAUS REFRIGERANTES), neste poço em questão o registro de resistência estava com defeitos e por isso continha muitas oscilações, "J" (captações da COSAMA), "K" (abastecimento da empresa CCE COMPONENTES DA AMAZONIA SA), e o poço "Y" (abastecimento da empresa TERMOTÉCNICA DA AMAZÔNIA). Nesta linha havia uma região que possuía dois registros de poços geofísicos "J" e "C1", o segundo poço em questão possui uma profundidade maior, contudo, a qualidade dos seus dados são inferiores ao outro poço vizinho.

Nesta área do perfil percebe-se uma grande alternância entre camadas de arenito e argilas e essas mudanças criam alguns espaços propensos a aquíferos (figura 21). O primeiro aquífero encontrado nesta região está próximo do poço "B" em torno de 102 metros de profundidade absoluta do poço e sua lateral se estende até o poço "J", com a probabilidade desta água chegar perto do poço "K", o segundo aquífero pode ser descrito da mesma forma diferindo apenas a profundidade, cerca de 116 metros. O terceiro aquífero apresenta-se em torno de 127 metros de profundidade e é sobreposto e sotoposto por camadas argilosas, o quarto aquífero está localizado mais densamente junto ao poço "J" acerca de 130 metros de profundidade e suas laterais se prolongam até aos poços adjacentes, o quinto aquífero se encontra mais espesso no poço "B" e também suas laterais continuam até suas proximidades. O sexto aquífero está em torno de 190 metros de profundidade do poço "B" e possui as mesmas características dos aquíferos anteriores, de prolongarem suas laterais até aos poços mais próximos.

Na porção mais à direita do perfil pode-se também encontrar uma quantidade relevante de aquíferos, sendo o primeiro a cerca de 15 metros de profundidade do poço "K" e com as laterais se estendendo até o poço vizinho, e como este aquífero está localizado em uma porção rasa, há maiores chances de contaminação externa e quando as águas chegam no poço "Y" encontram lentes de argilas que podem contaminá-las. Logo abaixo existe outro aquífero que assemelha-se ao anterior, sendo encontrado em torno de 38 metros de profundidade e ficando menos espesso quando chega próximo ao poço "Y", acerca de 58 metros de profundidade do mesmo poço percebe-se a presença de outro aquífero que também se estende até o poço

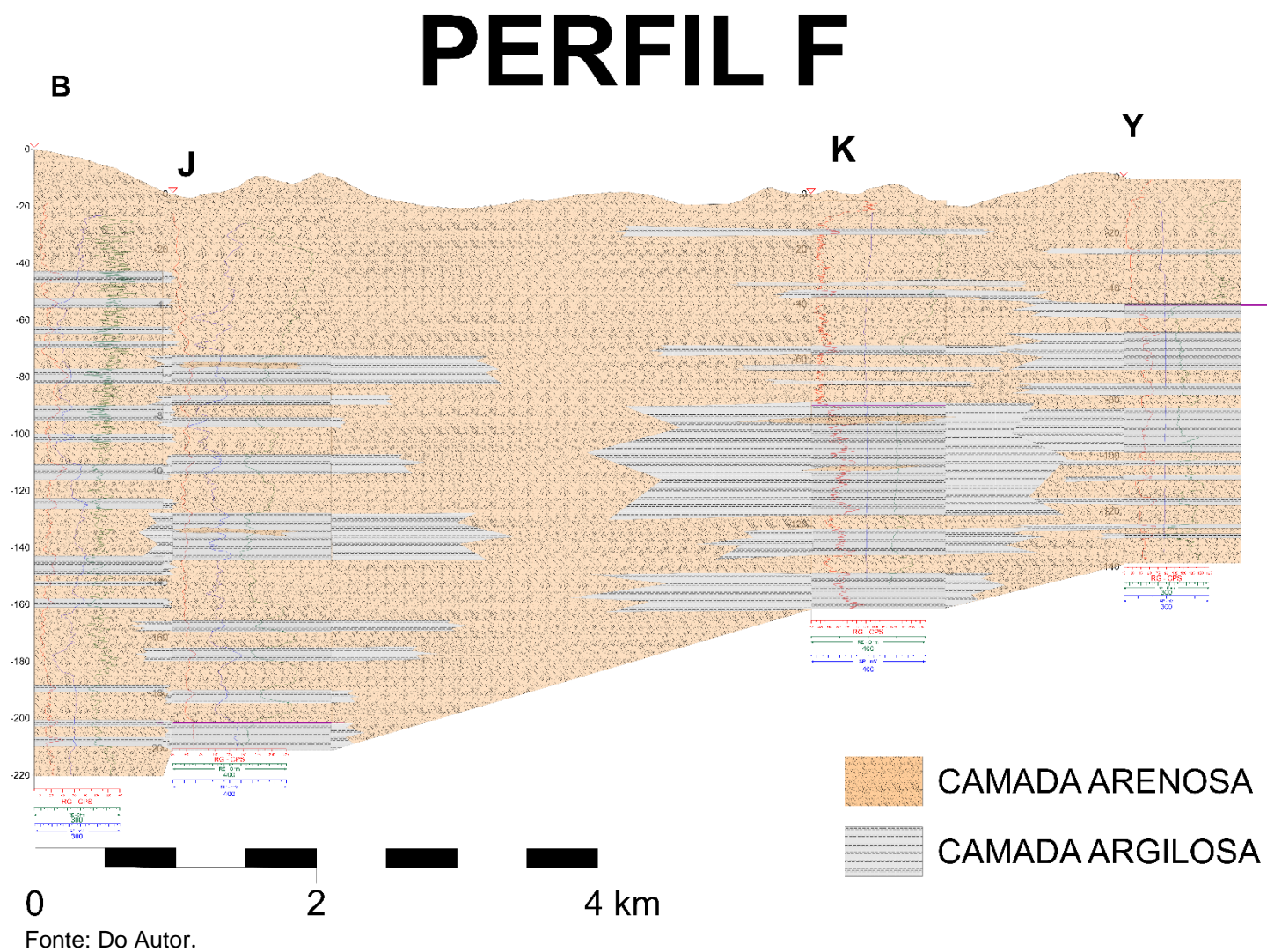
vizinho, porém este aquífero é mais contaminado por conta das lentes de argilas encontradas no meio das águas. Próximo ao poço "K" pode-se encontrar os últimos dois aquíferos desta porção, que se encontram em torno de 117 e 130 metros de profundidade, com os aquíferos possuindo as laterais contínuas até o poço "Y" e sendo o segundo aquífero mais espesso.

Figura 20 Representação da linha do perfil F, em vermelho. Esta linha compreende os poços B-J-K-Y



Fonte: Do autor.

Figura 21 Representação do perfil litológico



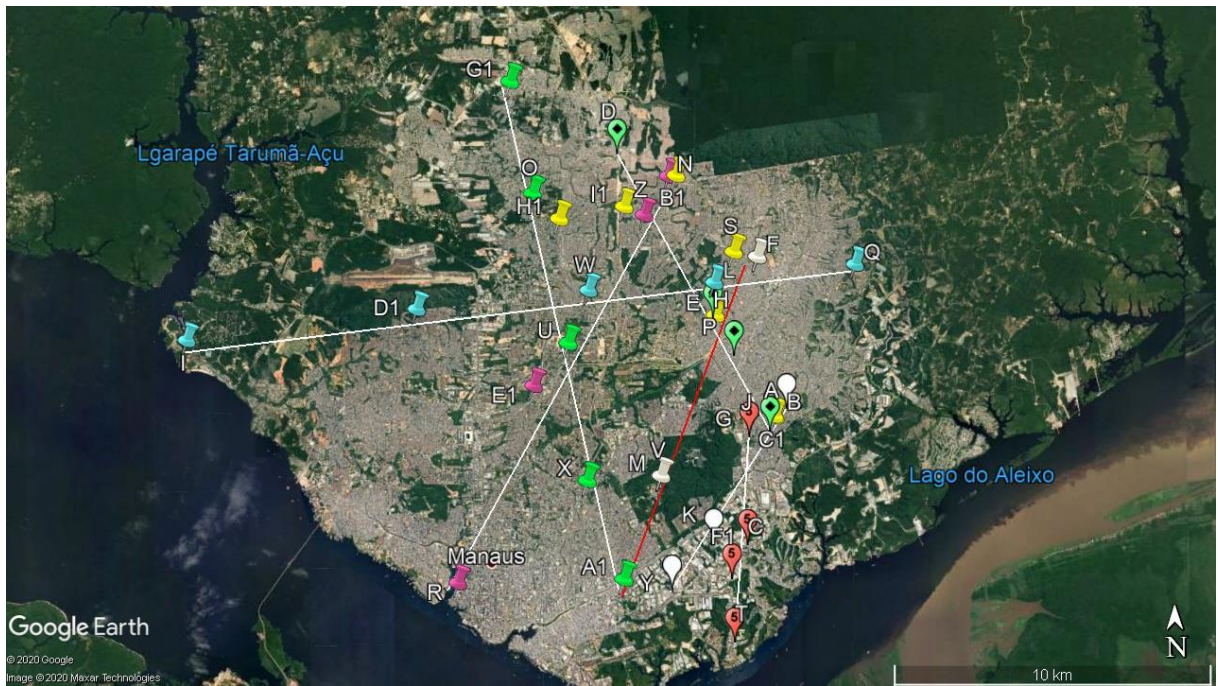
#### 5.4.7 Perfil G: Poços F - H - M - A1

Este perfil (figura 22) contém informações de quatro poços. "F" (captações da COSAMA), "H" (captações da COSAMA), o poço "M" não se obteve informação de como foi feita a captação, apenas a localização. "A1" (abastecimento da empresa ENGEO). No começo da linha existem dois registros dos poços, "F" e "S" porém o segundo não continha tanta profundidade e seus dados eram bastante ruidosos, a mesma situação é evidenciada mais a frente na linha com poços "H" e "E", onde os mesmos apresentam semelhança nas profundidades e bons dados, contudo o poço escolhido continha curvas mais características para auxiliarem na interpretação. Perto de "M" existe outro poço, porém contém uma profundidade menor em relação ao poço escolhido.

Nesta linha de perfil é possível notar alguns prováveis aquíferos que possuem grandes extensões entre as interdigitações das camadas de argilas (figura 23). O primeiro aquífero é notado cerca de 72 metros de profundidade do poço "H" e por mais que não possua tanta espessura, o mesmo se estende até o poço "F" à esquerda e à direita percorre até encontrar uma camada de argila, logo abaixo encontra-se outro aquífero que pode interligar-se com o de cima. Este aquífero está em torno de 90 metros de profundidade do poço "H" e estende a sua lateral esquerda até ao poço vizinho e sua direita até ao poço "A1", onde encontra algumas lentes de argilas que podem contaminar a água. Na profundidade de aproximadamente 110 metros do poço "F" observa-se um aquífero de espessura de cerca de 50 metros que percorre todo o perfil indo até ao poço "A1", pela sua grande extensão verifica-se algumas lentes de argilas em meio a essas águas. Depois destes, ainda observam-se mais quatro aquíferos em torno de 165, 188, 194 e 205 metros de profundidade absoluta do poço "F", que se estendem até o poço vizinho.

Em "M", acerca de 24 metros de profundidade há um aquífero que pode estender sua lateral até o poço "A1", porém este aquífero pode ser contaminado externamente. No mesmo poço, em torno de 40 metros de profundidade percebe-se a presença de outro aquífero que se adensa próximo ao poço "A1" e há um último aquífero notado cerca de 62 metros de profundidade do poço "A1" sobreposto por camadas de argila e possuindo pouca espessura.

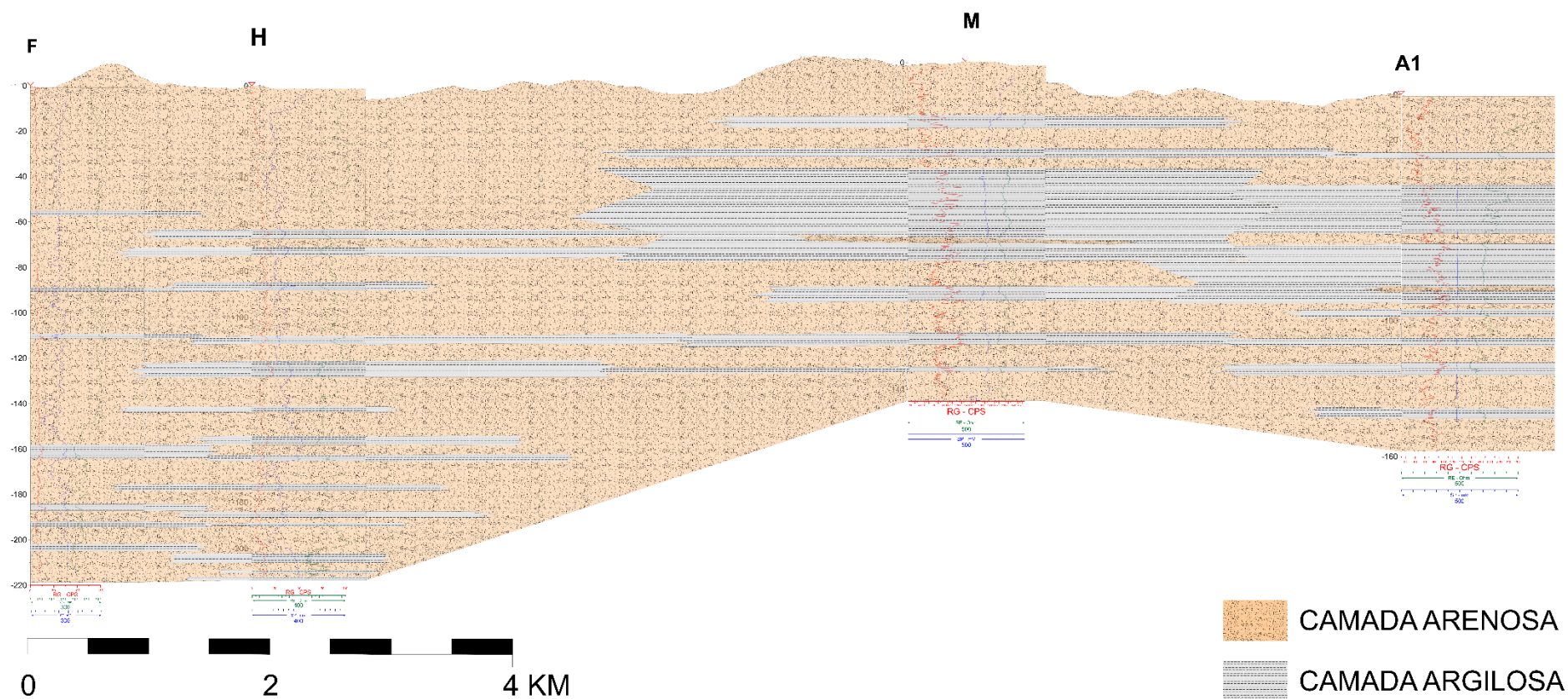
Figura 22 Representação da linha do perfil G, em vermelho. Esta linha compreende os poços F-H-M-A1



Fonte: Do autor

Figura 23 Representação do perfil litológico

# PERFIL G



Fonte: Do autor.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que existam camadas interdigitadas, sendo algumas com continuidade lateral e outras nem tão evidentes e que boa parte dos aquíferos subterrâneos da região metropolitana de Manaus encontram-se dentro da formação Alter do Chão, das porções mais rasas até porções mais profundas da formação. Com as seções litológicas efetuadas, observou-se a presença de diversos aquíferos com capacidade para exploração e abastecimento da região.

Como a formação Alter do Chão é caracterizada pela interdigitação entre camadas arenosas e argilosas, alguns aquíferos encontrados apresentam contaminação por lentes de argilas, principalmente quando os aquíferos possuem grandes extensões. Observou-se também, que dependendo de algumas regiões os aquíferos se afunilam, espessam ou se ramificam por conta das interdigitações.

Os aquíferos encontrados em porções mais rasas tendem a ser mais propensos a contaminação externa, embora alguns aquíferos rasos sejam sobrepostos por camadas de argilas.

Os aquíferos mais profundos apresentam maiores espessuras e maiores extensões, e, embora sejam mais propícios a contaminação de lentes de argilas, possuem menos chances de contaminação externa. Além disso, a continuidade lateral destes aquíferos em alguns casos, é muito bem definida, diante disso, os aquíferos encontrados nas porções mais profundas das camadas tem maior potencial de exploração.

Concluiu-se também que os processos de digitalização dos poços geofísicos se mostraram bem satisfatórios, visto que, alguns registros que encontravam-se apagados ou rasurados foram corrigidos e evidenciados para uma melhor interpretação.

Portanto, as seções litológicas realizadas mostraram que o pacote sedimentar na cidade de Manaus possuem um grande potencial hídrico.

## REFERÊNCIAS

- Aguiar, C. et al., 2002, carta hidrogeológica da cidade de Manaus. CPRM-AM Manaus, Relatório Interno, 1-4.
- Albuquerque, O.R.de, 1922, Reconhecimentos geológicos no vale do Amazonas. Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, **3**, 1-84.
- Almeida, F.de, 1978, Tectonic map of South America 1/5,000,000. Explanatory note. Brasília, DF, DNPM / DGMW / UNESCO, 23p.
- Baptista, M.B., O.P.G., Braun, D. de A. Campos, (org.), 1984, Léxico estratigráfico do Brasil, DF. República Federativa do Brasil, Ministério das Minas e Energia, Departamentos de Recursos Minerais; DNPM; CPRM.
- Brandão, J. and F. Feijó, 1994, Bacia da foz do Amazonas: Boletim de Geociências da Petrobrás, **8**(1), 91-99.
- Caputo, M.V., 1984, Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of Northern basins of Brazil. University of California, Santa Barbara. Tese de Doutorado, Ph. D. thesis.
- Freimann, B.C., and J.G.das.V. Alves, 2013, Correlação de perfis geofísicos de poços-sede do município de Salinópolis-Pa. *in* 13th Internacional Congresso of the Brazilian Geophysical Society & ESPOGEF, Rio de Janeiro, Brazil, 26-29 August 2013, Society of Exploration Geophysicists and Brazilian Geophysical Society, p. 568-573.
- Girão Nery, G., 2004, Apostila perfilagem geofísica. (apostila). [vila Engler – Bauru, sp] Hydrolog – serviço de perfilagem Ltda.
- Girão Nery., 2013, Perfilagem geofísica em poço aberto-fundamentos básicos com ênfase em petróleo. Rio de Janeiro, INCTGP / CNPq-SBGf.
- Hoorn, C. et al., 2010, The Amazonian craton and its influence on past fluvial systems (mesosoic-cenozoic, Amazonia). *In* Hoorn C. and F. Wesselingh, (eds). Amazonia: landscape and species evolution: a look into the past, 3. Edit. Oxford, Blackwell publishing Ltda, Willey & Sons. p. 103-122.
- Kistler, P., 1954, Historical resume of the amazon basin. Petrobrás, Renor, el. Interno (inédito).
- Mendes, A.C., W. Truckenbrod and A.C.R. Nogueira, 2012, Análise faciológica da Formação Alter do chão (cretáceo, bacia do amazonas), próximo à cidade de Óbidos, Pará, Brasil. Revista Brasileira de geociências, **42**(1), 39-57.
- Prance, G.T. and T.E Lovejoy, (eds.), 1985, Key environments. Amazonia. Oxford, Pergamon Press, xiv, 442 p.

- Razo, J., 2004, Evolução Holocênica do rio Amazonas entre a ilha do Careiro e a foz do rio Madeira. 2004. 93p. Tese de Doutorado, Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- Sarges, R.R., T.M. da Silva, and C. Riccomini, 2011, Caracterização do relevo da região de Manaus, Amazônia central. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **12**(1), 95-104.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM, 2008, Capacidade de infiltração do solo e estações de RIMAS.
- Soares, E.A.A., 2007, Depósitos pleistocenos da região de confluência dos rios Negro e Solimões, Amazonas. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- Souza, L.S.B., 2006, Mapeamento de aquíferos na cidade de Manaus (Am): utilizando perfilagem geofísica de poço e sondagem elétrica vertical. *Revista Brasileira de Geofísica*, **24**(3), 443-443.
- Tassinari, C.C.G. and M.J.B. Macambira, 2004, A evolução tectônica do Cráton Amazônico. *in* Mantesso-Nerto, V. et al. (org.), *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Petrobras; Beca, p. 433- 471.
- Tassinari, C.C. and M.J. Macambira, 1999, Geochronological provinces of the Amazonian craton. *Episodes-Newmagazine of the International Union of Geological Sciences*, **22**(3), 174-182.

## APÊNDICE A

Tabela 7.1: Tabela com as informações sobre os poços

Nome dos poços	Local	Profundidade (m)	Registros
02-COSAMA	Rua padre Ramim, Bairro: Zumbi II	200	RG, RE e SP
CORNER 3339/01	Manaus Refrigerantes	220	RG, RE e SP
01	Multilibras, Bairro: Distrito Industrial	136	RE e SP
PT-05	Conjunto Galiléia	194	RE e SP
COSAMA Nº1	Bairro: Novo Israel II	215	RG, RE e SP
MONTE SINAI	Bairro: Monte Sinai	214	RG, RE e SP
ZUMBI III		187	RG, RE e SP
EZACON-COSAMA 01	Mutirão, Bairro: Armando Mendes	213	RG, RE e SP
HOTEL TROPICAL		189	RG, RE e SP
01-COSAMA	Rua Nestor Paes, Bairro: Zumbi II	200	RG, RE e SP
COSAMA MUTIRÃO III		187	RG, RE e SP
ENDECO-02	Campos UAM	140	RG, RE e SP
01 CIDADE NOVA MANAUS	Bairro: Cidade Nova	205	RG, RE e SP
PT-02 COSAMA	Rua Rio Jordão, Bairro: Cidade Nova	200	RG, RE e SP
PT-01 COSMA	Perimetral 2, Bairro: São José 2	205	RG, RE e SP
02-COSAMA-02	Bairro: Jorge Teixeira	198	RG, RE e SP
04-COSAMA	Rua Rio Jordão, Bairro: Cidade Nova	165	RG, RE e SP
03-COSAMA	Rua Rio Uruguai, Barrio: Novo Aleixo	197	RG, RE e SP
REMAN-01	REMAN - Petrobrás	200	RG, RE e SP
03	Conj. Dos Of. Da Aeronáutica	105	RG, RE e SP
FUA-03	Campus Principal FUA	115	RG, RE e SP
01 CAMPOS-BALKRAFT	Bairro: Riacho Doce	150	RG, RE e SP
02 CAMPOS-BALKRAFT	N.S. da Fátima, Bairro: Cidade Nova	200	RG, RE e SP
FEMAC-RASA		210	RG, RE e SP
355	Bairro: Distrito Industrial	137	RG, RE e SP
644	Technos	140	RG, RE e SP

720	Coimpa	150	RG, RE e SP
01-GEOSER	CONSEG, Bairro: Cidade Nova	170	RG, RE e SP
02-01	COELMA	150	RG, RE e SP
CT 189-RE	REMAN	120	RG, RE e SP
CORNER-02	Bairro: Distrito Industrial	223	RG, RE e SP
CT 188-RE	G-701 REMAN	150	RG, RE e SP
02-COSAMA-01	Bairro: Colônia Santo Antônio	198	RG, RE e SP
02-GEOSER	CONCIG, Bairro: Cidade Nova	155	RG RE

Fonte: Autor