



**Jhony Anderson Santos Gonçalves**

**Caracterização gamaespectrométrica da Formação Resende em poço na  
Bacia de Volta Redonda (RJ)**

**Trabalho Final de Curso  
(Geologia)**

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2023



UFRJ

**Jhony Anderson Santos Gonçalves**

**Caracterização gamaespectrométrica da Formação Resende em poço na  
Bacia de Volta Redonda (RJ)**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador(es):

Prof. Dr. Claudio Limeira Mello

Prof. Dr. Fábio André Perosi

Rio de Janeiro

Abril de 2023

GONÇALVES, Jhony

**Caracterização gamaespectrométrica da Formação Resende em poço na Bacia de Volta Redonda (RJ)/** Jhony Anderson Santos Gonçalves - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2023. ix, 32 p.10: il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2023.

Orientador(es): Claudio Limeira Melo e Fábio André Perosi

1. Geologia. 2. Geofísica – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Claudio, Limeira Mello. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Caracterização gamaespectrométrica da Formação Resende em poço na Bacia de Volta Redonda (RJ).

**Jhony Anderson Santos Gonçalves**

**Caracterização gamaespectrométrica da Formação Resende em poço na  
Bacia de Volta Redonda (RJ)**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Aprovada em:

Por:

---

Orientador: Claudio Limeira Mello (UFRJ)

---

Renato Rodriguez Cabral Ramos (UFRJ)

---

Verônica de Carvalho Batista (UFF)

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2023

## AGRADECIMENTOS

Agradeço meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Seu incentivo à educação e seus valores me fizeram chegar até aqui.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro, mais especificamente ao Instituto de Geociências da UFRJ por proporcionar um ensino de qualidade necessário para minha formação como profissional.

Aos meus orientadores, professores Fábio André Perosi e Claudio Limeira Mello, pelas críticas, conselhos e sugestões pertinentes na elaboração deste trabalho. Agradeço pela atenção, paciência e confiança

À Petrobras, que financiou do Projeto "CARACTERIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO E DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E PERMOPOROSAS DE ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS" o qual fui integrante e contemplado com uma bolsa de iniciação científica e aos participantes do projeto pela convivência, conhecimento e orientação no desenvolvimento das atividades.

Aos amigos da turma de Geologia UFRJ 2016 e a outros feitos durante a graduação, pelo apoio, incentivo, motivação e amizade.

Aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite e disporem do tempo para participar e avaliar o presente trabalho.

## RESUMO

GONÇALVES, Jhony. **Caracterização gamaespectrométrica da Formação Resende em poço na Bacia de Volta Redonda (RJ)**. Rio de Janeiro, 2023. ix, 32 f. Trabalho final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

No presente trabalho fez-se uma correlação entre os dados de radiação gama adquiridos com um espectrômetro gama portátil ao longo de 61,4 m de testemunho de perfuração do poço 2-VR-1-RJ, na Formação Resende (Paleógeno, Bacia de Volta Redonda) e o registro de radiação gama natural deste poço. O espectrômetro gama é um equipamento capaz de coletar a contagem total da radiação gama ( $\gamma$ ) e separá-la em três diferentes níveis de energia relacionados aos elementos: potássio (K), urânio (U) e tório (Th). O poço de onde foram retirados os testemunhos de perfuração analisados está localizado próximo à borda sul do Gráben de Casa de Pedra, principal depocentro da Bacia de Volta Redonda, que está inserido no segmento central do Rift Continental do Sudeste do Brasil. Para este estudo, dados de radiação gama do testemunho de perfuração foram coletados a cada 20 cm e possíveis interferências do ambiente de coleta que poderiam influenciar o resultado final foram levadas em consideração. Os dados obtidos foram processados (montagem do pseudoperfil e conversão para unidade GAPI) e feitas curvas com os valores de contagem total e radiação emitida nos canais U, Th e K. A correlação entre a coluna litoestratigráfica, o pseudoperfil e o perfil do poço permitiram a interpretação de intervalos onde: (1) as maiores contagens no canal de urânio (nos intervalos de 17 a 20 m, 38 a 42 m e 47 a 52 m do poço) estão relacionadas às maiores concentrações de matéria orgânica; e, (2) as maiores contagens no canal de tório (38 a 41 m de profundidade e valores de 49 ppm) estão relacionadas à presença do mineral granada. Por meio do diagrama Th/K, interpretou-se que o tipo de argilomineral presente ao longo do testemunho de perfuração está mais associado ao grupo argilas interestratificadas e com pouca participação da caulinita.

Palavras-chave: Pseudoperfil gamaespectrométrico; Diagrama Th/K; Arenitos pouco consolidados



## Abstract

GONÇALVES, Jhony. **Gamma spectrometric characterization of the Resende Formation in a well in the Volta Redonda Basin (RJ)**. Rio de Janeiro, 2023. ix, 32 f. Trabalho final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

In the present work, a correlation was made between the gamma radiation data acquired with a portable gamma spectrometer along 61.4 m of drilling core from well 2-VR-1-RJ, in the Resende Formation (Paleogene, Volta Basin Redonda) and the natural gamma-radiation profile of this well. The gamma spectrometer is a piece of equipment capable of collecting the total count of gamma radiation ( $\gamma$ ) and separating it into three different energy levels related to the elements: potassium (K), uranium (U) and thorium (Th). The well from which the drilling cores analyzed were taken is located near the southern edge of the Casa de Pedra Graben, the main depocenter of the Volta Redonda Basin, which is inserted in the central segment of the Continental Rift of Southeast Brazil. For this study, gamma radiation drilling core data were collected every 20 cm and possible interferences from the collection environment that could influence the final result were considered. The obtained data were processed (assembly of the pseudo-profile and conversion to GAPI unit) and curves were made with the values of total count and radiation emitted in the U, Th and K channels. The correlation between the lithostratigraphic column, the pseudo-profile and the profile of the well allowed the interpretation of intervals where: (1) the highest counts in the uranium channel (at depths of 17 to 20 m, 38 to 42 m, and 47 to 52 m from the well) are related to the highest concentrations of organic matter; and, (2) the highest counts in the thorium channel (38 to 41 m deep and values of 49 ppm) are related to the presence of the mineral garnet. Through the Th/K diagram, it was interpreted that the type of clay mineral present along the drilling core is more associated with the interstratified clays group and with little participation of kaolinite.

**Keywords:** Gamma spectrometric pseudo-profile; Th/K diagram; poorly lithified sandstone.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Importância relativa dos diversos processos de interação dos fótons (radiação gama) com a matéria em função da energia do fóton e do número atômico do meio material. Extraído de Sá <i>et al.</i> , (2017).....	5
Figura 2: Localização do poço estudado, no município de Volta Redonda (Google Earth – acessado em 09/04/2022).....	8
Figura 3: Conjunto de bacias sedimentares inseridas no contexto tectônico do <i>Rift</i> Continental do Sudeste do Brasil. Extraído de Vogel (2018). ....	9
Figura 4: Mapa geológico simplificado do segmento central da Faixa Ribeira na região das bacias de Resende e Volta Redonda. Figura elaborada por Negrão <i>et al.</i> (2015) com base em dados de Heilbron <i>et al.</i> (2004) .....	10
Figura 5: Coluna litoestratigráfica da região da Bacia de Volta Redonda, proposta por Negrão <i>et al.</i> (2015). modificada por Maciel <i>et al.</i> (2017) .....	11
Figura 6: Aspectos gerais do afloramento estudado por Maciel (2016) no local onde foi obtido o testemunho aqui investigado. São destacados os contatos litológicos e as estruturas tectônicas mais evidentes. Fonte: Maciel <i>et al.</i> (2017).....	13
Figura 7: Fotografia do gamaespectrômetro portátil (Radiations Solutions Inc., modelo RS-230 BGO Super-SPEC) utilizado para a aquisição dos dados analisados no presente estudo. Extraída do manual do aparelho.....	15
Figura 8: Espectro de energia dos elementos captados pelo gamaespectrômetro. Extraído do software GeoView. ....	16
Figura 9: (A) Perfil litológico elaborado pela equipe do projeto de pesquisa no qual o presente estudo está inserido. (B) Caliper. (C) Gama total obtido na perfilagem do poço. (D) Gamaespectrometria total. (E) Urânio. (F) Tório. (G) Potássio. ....	18
Figura 10: Gráfico Th/K, utilizando dados do testemunho. ....	20

**LISTA DE TABELAS**

Quadro 1: Características físicas e químicas de U, Th e K (modificado de Klaja e Dudek, 2016). .....	6
Quadro 2 – Possíveis aplicações da razão Th/K na interpretação geológica (modificado de Klaja e Dudek, 2016). .....	6

## Sumário

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>3 FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Gamaespectrometria .....</b>	<b>4</b>
3.1.1 Parâmetros gamaespectrométricos e relações de U, Th e K.....	6
<b>4 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 Localização .....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 Contexto geológico.....</b>	<b>9</b>
<b>4.3 Geologia local.....</b>	<b>12</b>
<b>5 MATERIAL E MÉTODO.....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 Aquisição dos dados gamaespectrométricos do testemunho do poço 2-VR-1-RJ .....</b>	<b>16</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>18</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>22</b>
<b>APÊNDICE 1- DADOS DO APARELHO GAMA ESPECTOMÉTRICO .....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os métodos geofísicos utilizam técnicas de análise e investigação indireta das estruturas em subsuperfície, permitindo estimar as características geológicas através do contraste das propriedades físicas dos materiais.

Um método geofísico comum e amplamente utilizado baseia-se na medição da radioatividade natural das rochas utilizando um detector de radiação gama, sendo utilizado para auxiliar na interpretação litológica. A gamaespectrometria, utilizada no presente estudo, é uma técnica complementar da perfilagem por radiação gama natural, permitindo identificar alguns elementos químicos radioativos específicos presentes nos materiais e quantificar suas concentrações. As principais fontes de radiação gama detectadas na superfície terrestre provêm da desintegração natural do potássio ( $^{40}\text{K}$ ) e dos elementos da série do urânio ( $^{238}\text{U}$ ) e do tório ( $^{232}\text{Th}$ ).

O presente estudo está inserido no contexto do projeto “CARACTERIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO E DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E PERMOPOROSAS DE ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS”, realizado através de cooperação entre a UFRJ e a Petrobras. Este projeto teve como objetivo realizar uma caracterização integrada dos aspectos sedimentares, estruturais, petrofísicos e mecânicos de arenitos pouco consolidados, tomando os depósitos sedimentares paleogênicos do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) como um geomaterial análogo a reservatórios desta natureza das bacias da margem continental do Sudeste do Brasil, considerando a característica pouco consolidada dos arenitos da Formação Resende (principal registro paleogênico do RCSB) e a sua expressiva deformação tectônica dentro do contexto evolutivo do RCSB.

O estudo de análogos é um recurso comumente utilizado pela indústria do petróleo para suprir as dificuldades advindas do acesso limitado às informações geológicas em subsuperfície, sendo usado como base para a parametrização de propriedades de reservatórios (HOWELL *et al.*, 2014).

A gamaespectrometria é extensivamente empregada para o mapeamento geológico em escala regional, principalmente na indústria da mineração. Além disso, é frequentemente utilizada na exploração de hidrocarbonetos, sobretudo na perfilagem geofísica de poços, logo os dados obtidos através dessa técnica podem ser utilizados no auxílio na interpretação de diversas questões sobre os testemunhos estudados como classificação argilominerais, presença de matéria orgânica e alterações diagenéticas.

## 2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo correlacionar os dados gamaespectrométricos adquiridos de um testemunho de rochas sedimentares siliciclásticas pouco consolidadas da Formação Resende (Eoceno), obtido na Bacia de Volta Redonda (RJ), com o perfil estratigráfico e dados de radiação gama natural da perfilagem geofísica realizada no poço.

A principal motivação para realização do presente estudo foi aprofundar os estudos utilizando o método gamaespectrométrico em formações análogas a reservatórios, como os realizados por Santos (2015).

### 3 FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentada a base teórica e aspectos conceituais relacionados à gamaespectrometria, principal abordagem deste estudo, e a radioatividade natural dos elementos que constituem as principais fontes de radiação gama (urânio, tório e potássio) e das substâncias nas quais eles são componentes.

#### 3.1 Gamaespectrometria

De acordo com Ferreira *et al.* (2010), a gamaespectrometria (aérea, terrestre e de poço) é baseada nos princípios da geofísica nuclear. Os três principais tipos de radiações provenientes de núcleos instáveis de substâncias radioativas são:

- *Partícula Alfa* ( $\alpha$ ): fluxos de partículas carregadas positivamente, compostas por dois nêutrons e dois prótons, ou seja, núcleos de hélio; são muito ionizantes, porém com a pouca penetração;
- *Partícula Beta* ( $\beta$ ): fluxos de partículas de mesma natureza dos elétrons orbitais, resultantes da desintegração de nêutrons do núcleo; são mais penetrantes, porém menos ionizantes que as radiações  $\alpha$ ;
- *Fótons Gama* ( $\gamma$ ): ondas eletromagnéticas, o tipo de radiação com o maior poder de penetração, do que decorre o interesse para a geofísica aplicada; como não apresentam carga elétrica e massa, não são desviadas por campos eletromagnéticos como as duas anteriores.

São três os processos pelos quais a radiação  $\gamma$  pode interagir com a matéria: efeito fotoelétrico, espalhamento Compton e produção de pares. Na Figura 1 pode-se observar a relação entre a energia dos fótons e o número atômico dos elementos.

- Efeito fotoelétrico

O raio gama é completamente absorvido e transfere sua energia para um elétron periférico, o qual é expelido do átomo. Esse efeito predomina em baixas energias ( $< 200$  keV).

- Espalhamento Compton

Este é o processo dominante em energias intermediárias (100 keV a 2 MeV), envolvendo a interação dos raios gama com os elétrons, na qual um fóton perde parte de sua energia para um elétron e é desviado segundo um ângulo relacionado à sua direção original de incidência. O espalhamento Compton é o processo de interação que predomina no detector gamaespectrométrico.

- Produção de pares

O fóton incidente se relaciona com o campo elétrico do núcleo e é completamente absorvido, resultando em um par de elétron-pósitron com energia equivalente ao fóton original, ocorrendo em níveis iguais ou superiores a 1,02 MeV, particularmente em matérias de elevado número atômico (maior que 30).

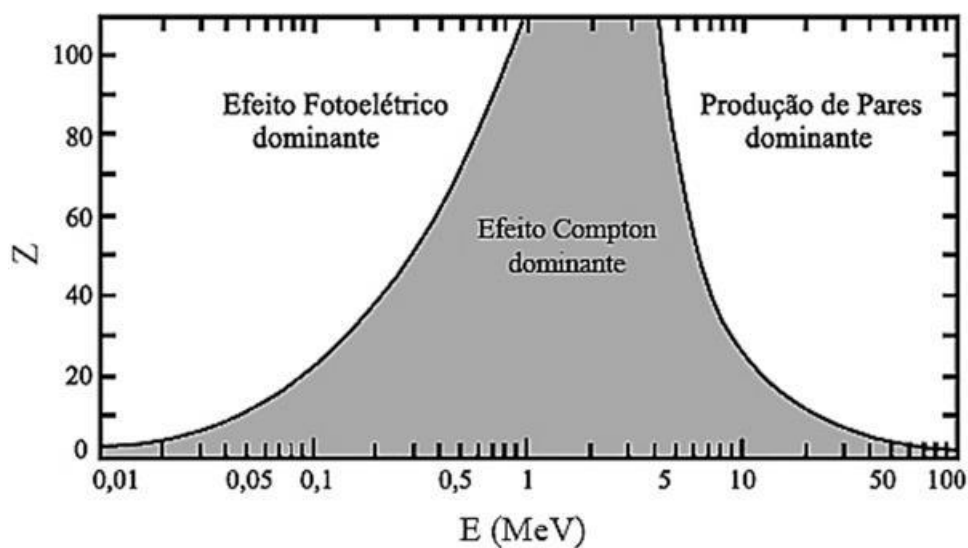


Figura 1: Importância relativa dos diversos processos de interação dos fótons (radiação gama) com a matéria em função da energia do fóton e do número atômico do meio material. Extraído de Sá *et al.*, (2017).



### 3.1.1 Parâmetros gamaespectrométricos e relações de U, Th e K

Segundo Klaja e Dudek (2016), o urânio (U), o tório (Th) e o potássio (K) exibem diferentes características físicas e químicas, como as exemplificadas no quadro abaixo (Quadro 1).

Quadro 1: Características físicas e químicas de U, Th e K (modificado de Klaja e Dudek, 2016).

Elemento	Características
<b>Tório</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insolúvel em água</li> <li>• Usualmente encontrado em folhelhos, podendo oferecer alguma informação sobre o conteúdo de argila</li> <li>• Encontrado em minerais pesados em rochas ígneas</li> </ul>
<b>Urânio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geralmente não está relacionado a rochas que contenham argila</li> <li>• Depende do conteúdo de matéria orgânica</li> </ul>
<b>Potássio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um dos componentes básicos dos folhelhos</li> <li>• Indica presença de Feldspatos e Micas</li> <li>• Principal ocorrência é como óxido (<math>K_2O</math>)</li> </ul>

Ainda segundo esses autores, a partir de relações estabelecidas entre esses elementos, é possível estipular diversas características sobre a rocha. A mais utilizada no presente estudo será a relação entre Th/K (Quadro 2), para tentar inferir o tipo de argilomineral presente nos testemunhos estudados.

Quadro 2 – Possíveis aplicações da razão Th/K na interpretação geológica (modificado de Klaja e Dudek, 2016).

Razão	Significado
Th/K	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinação dos tipos de condições sedimentares, como por exemplo distância da linha de costa, etc</li> <li>• Determinação de mudanças diagenéticas em sedimentos argilosos.</li> <li>• Determinação do tipo de argilomineral: a razão Th/K aumenta na seguinte direção: glauconita → muscovita → illita → argilas interestratificadas (<i>mixed layer minerals</i>) → esmectita → caolinita → clorita → bauxita</li> </ul>

Para esses autores, a determinação do teor de argilominerais é restrita a cinco minerais que possuem relevância para indústria do petróleo: clorita, glauconita, illita, caulinita e esmectita. Argilominerais são formados em ambientes continentais e marinhos, o que influencia na sua variabilidade no que diz respeito a sua composição química. O tipo de argilomineral formado é fortemente influenciado pela reação ocorrida nos sedimentos e pelo tipo de ambiente diagenético. Por exemplo, a caulinita é formada em pH 5,5-7,8 e a esmectita em pH acima de 7,8. Podem ser vários os fatores que geram mudanças no pH, como a acidificação do ambiente por resultado de erupções vulcânicas, reação com águas juvenis, oxidação ou decaimento da matéria orgânica, transformando-se em turfa ou carvão.

Cada argilomineral está fortemente ligado com o conteúdo variável de isótopos radioativos, principalmente potássio e tório. A relação Th/K depende também da estrutura cristalina do mineral, suas dimensões, concentração de íons radioativos durante a formação do mineral e o intemperismo e processos diagenéticos que ocorrem desde o momento de formação do mineral (KLAJA e DUDEK, 2016).

## 4 ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Localização

O poço de onde foram retirados os testemunhos analisados no presente estudo encontra-se localizado nas proximidades da borda sul do Gráben de Casa de Pedra, principal depocentro na Bacia de Volta Redonda. O poço está localizado em um terreno privado, de propriedade da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), às margens da rodovia do Contorno, no município de Volta Redonda (RJ) - Figura 2. É possível acessar essa rodovia a partir da Rodovia dos Metalúrgicos (VRD-001) ou pela rodovia Lúcio Meira (RJ-393). As coordenadas UTM (*datum* WGS84) da localidade são: W 0597428 / S 7507066, fuso 23.

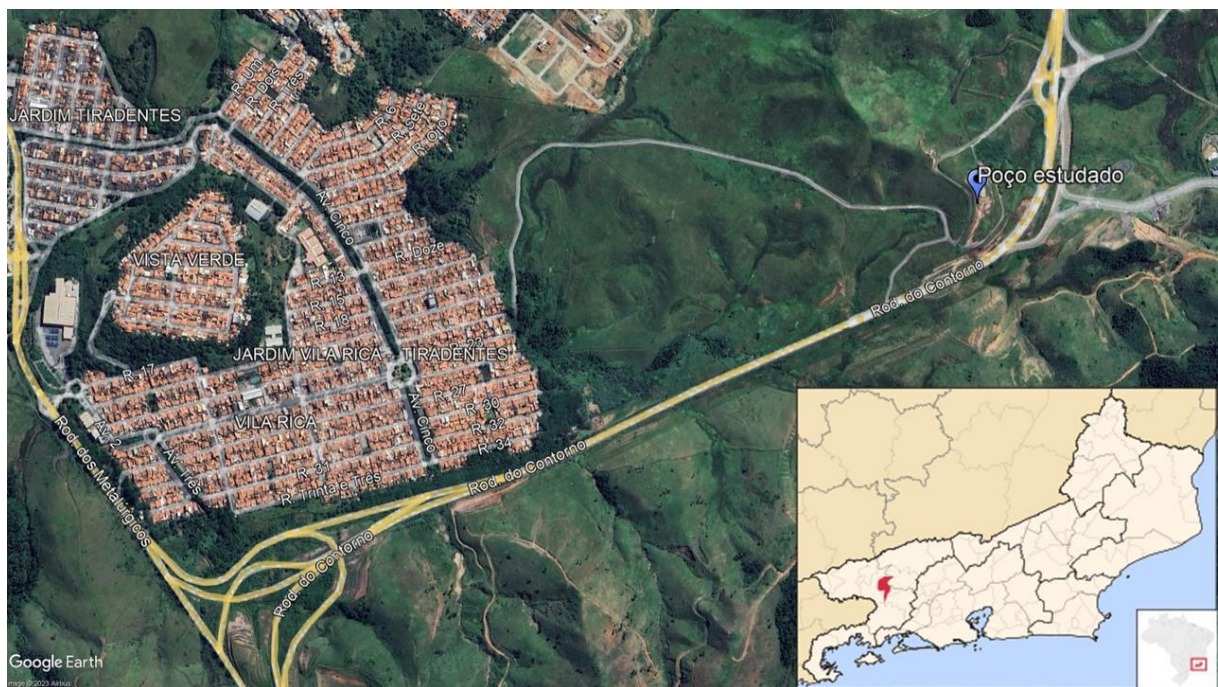


Figura 2: Localização do poço estudado, no município de Volta Redonda (Google Earth – acessado em 09/04/2022)

## 4.2 Contexto geológico

O *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) é uma depressão tectônica alongada de orientação ENE-WSW, que se estende entre as cidades de Tijucas do Sul (PR) e o litoral norte do Estado do Rio de Janeiro, paralelamente à linha de costa atual, distando cerca de 70 km desta, com pouco mais de 900 km de comprimento (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI *et al.*, 2004).

A Bacia de Volta Redonda encontra-se inserida no segmento central do RCSB (Figura 3), juntamente com as bacias de São Paulo, Taubaté e Resende. Esse segmento está localizado na região do médio vale do Paraíba do Sul, delimitado entre a Serra do Mar, a sul, e a Serra da Mantiqueira, a norte (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI *et al.*, 2004).

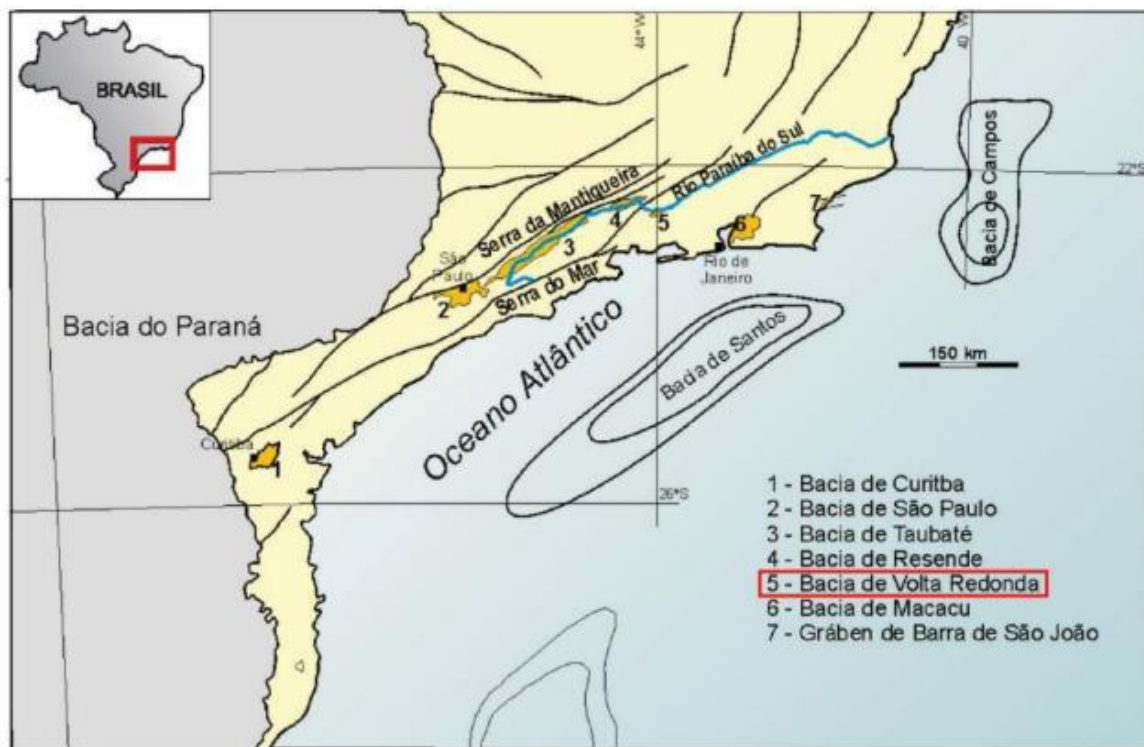


Figura 3: Conjunto de bacias sedimentares inseridas no contexto tectônico do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. Extraído de Vogel (2018).

Na Figura 4 é possível observar que a Bacia de Volta Redonda está sobre os terrenos proterozoicos a eopaleozoicos da Faixa Ribeira, constituídos por complexos ortoderivados

paleoproterozoicos, complexos paragnáissicos neoproterozoicos e suítes intrusivas neoproterozoicas.

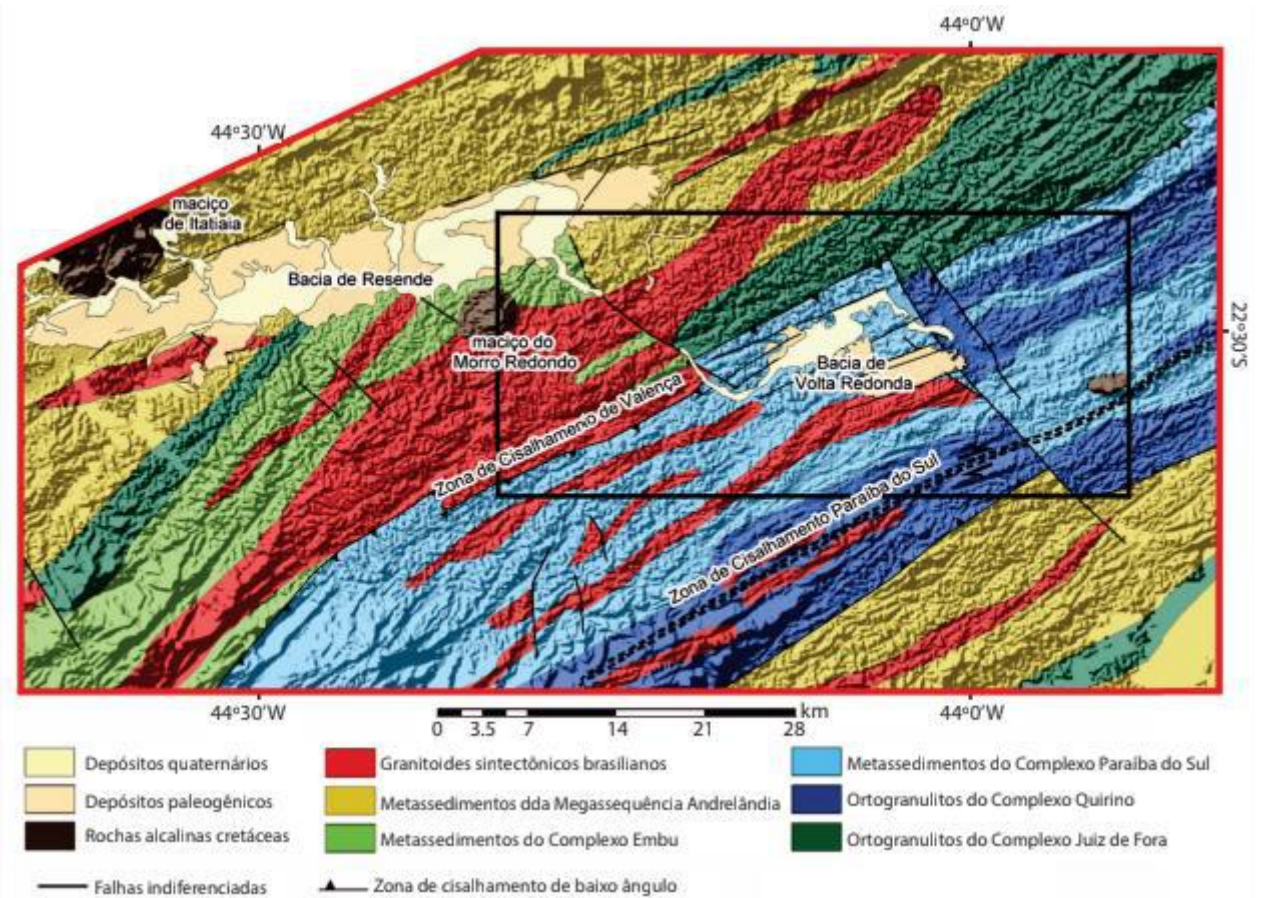


Figura 4: Mapa geológico simplificado do segmento central da Faixa Ribeira na região das bacias de Resende e Volta Redonda. Figura elaborada por Negrão *et al.* (2015) com base em dados de Heilbron *et al.* (2004)

Segundo Sanson *et al.* (2006) e Negrão *et al.* (2015), a Bacia de Volta Redonda foi preenchida por depósitos primordialmente fluviais, incluídos nas formações Ribeirão dos Quatis, Resende e Pinheiral (Figura 5).

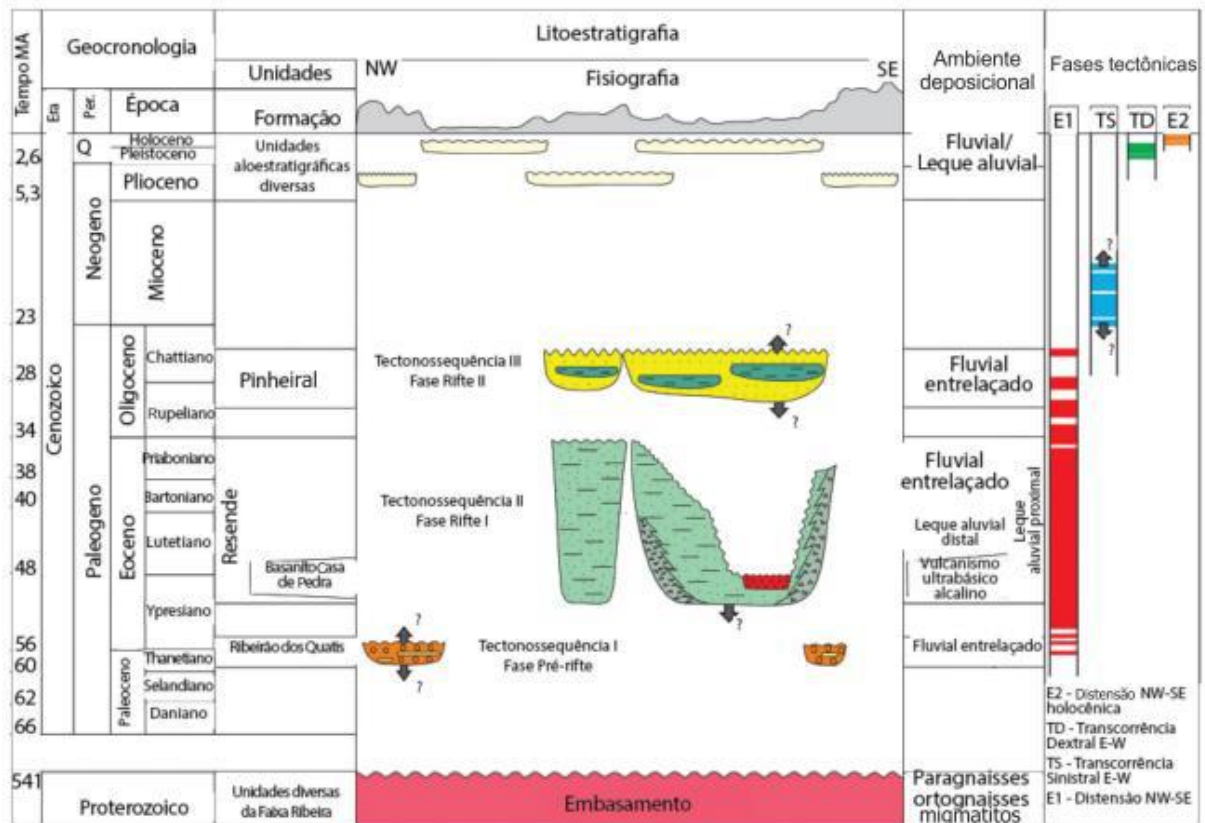


Figura 5: Coluna litoestratigráfica da região da Bacia de Volta Redonda, proposta por Negrão *et al.* (2015), modificada por Maciel *et al.* (2017)

A unidade basal, Formação Ribeirão dos Quatis, está em inconformidade sobre o embasamento cristalino pré-cambriano, sendo constituída por conglomerados quartzosos médios a grossos, ocorrendo intercalações de arenitos feldspáticos. É associada à deposição em canais fluviais entrelaçados.

Estratigraficamente acima da Formação Ribeirão dos Quatis, está a Formação Resende, relacionada ao principal preenchimento sedimentar da bacia e constituída principalmente por intercalações de arenitos feldspáticos estratificados, com níveis de conglomerados finos, e lamitos esverdeados. Os depósitos desta unidade são associados a sistemas de leques aluviais e sistemas fluviais axiais de padrão entrelaçado.

O Basanito Casa de Pedra corresponde a derrames de rochas ultrámáficas alcalinas (ankaramitos), intercalados aos depósitos da Formação Resende (NEGRÃO *et al.*, 2015). A

rocha apresenta textura afanítica, contendo microfenocristais, vesículas e amígdalas, e feições que sugerem, pelo menos, dois derrames superpostos (SANSON *et al.*, 2006).

A Formação Pinheiral está estratigraficamente acima da Formação Resende e é caracterizada por conglomerados e arenitos estratificados, relacionados a canais fluviais entrelaçados, com a presença de intervalos pelíticos associados a períodos de afogamento do sistema fluvial (SANSON *et al.*, 2006).

### **4.3 Geologia local**

No local onde foi obtido o testemunho aqui estudado, Maciel (2017) descreveu um afloramento com aproximadamente 18 m de altura e 54 m de extensão lateral. O depósito é caracterizado estratigraficamente por intervalos lenticulares extensos a tabulares de arenitos (litologia predominante), conglomerados e lamitos, típicos da Formação Resende.

O afloramento é seccionado por duas expressivas falhas normais - F1 e F2 – com orientação ENE-WSW e mergulhos opostos, sendo este dividido em três blocos principais, indicando uma estrutura de gráben e *horstes* (Figura 6). No bloco sul, há predomínio de arenitos e conglomerados; no bloco central, são mais presentes arenitos e lamitos; e, no bloco norte, ocorre o predomínio de camadas conglomeráticas.

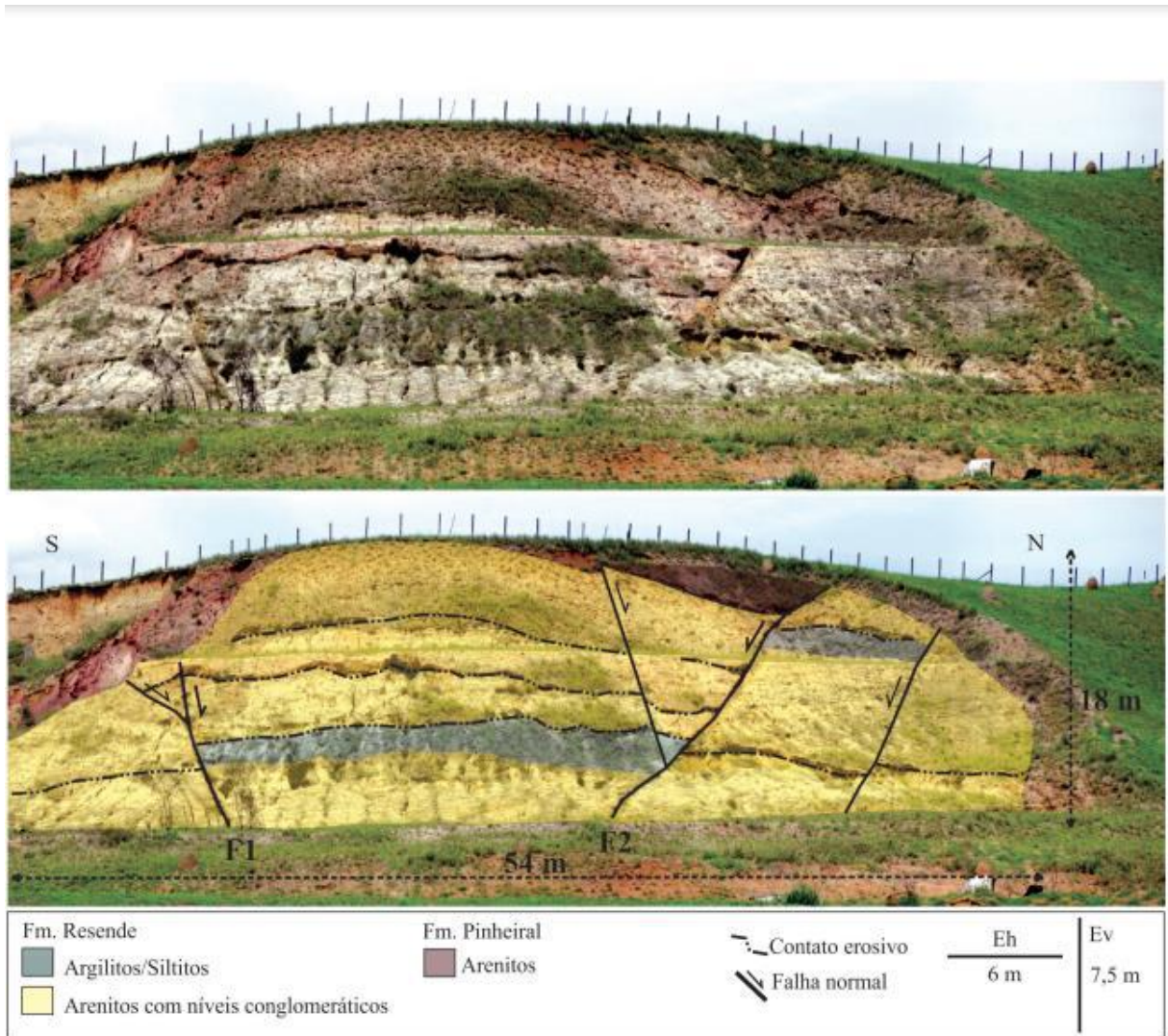


Figura 6: Aspectos gerais do afloramento estudado por Maciel (2016) no local onde foi obtido o testemunho aqui investigado. São destacados os contatos litológicos e as estruturas tectônicas mais evidentes. Fonte: Maciel *et al.* (2017).



## 5 MATERIAL E MÉTODO

O poço de onde foram retirados os testemunhos analisados no presente estudo, identificado como 2-VR-1-RJ, foi perfurado por sondagem rotativa e com diâmetro HQ (testemunho com 63,0 mm de diâmetro), executada por uma empresa especializada (CHP Geotecnia e Fundações) durante o ano de 2019.

O poço atingiu a profundidade de 65,60 m, com o topo do embasamento cristalino em 61,55 m. Não houve recuperação dos primeiros 3 m perfurados, sendo esse intervalo relacionado à montagem da estrutura para a realização da sondagem.

Perfilagens geofísicas foram realizadas neste poço pela empresa Perfil Master. Foram utilizadas três ferramentas diferentes: multifunção (incluindo a medição da radiação gama natural, temperatura e resistividade), devendo-se ressaltar que os dados de radiação gama natural obtidos pela equipe de perfilagem são de **contagem total** (ou seja, não é gamaespectrométrico); **sônico**, que mensura a velocidade acústica; e **caliper**, que mensura o diâmetro das paredes do poço.

No estudo aqui realizado foi utilizado o gamaespectrômetro portátil Radiations Solutions Inc., modelo RS-230 BGO Super-SPEC (Figura 7), que utiliza um detector de  $103 \text{ cm}^3$  ( $6.3 \text{ in}^3$ ) de óxidos de germânio e bismuto (BGO = sistema vítreo  $\text{GeO}_2 - \text{Bi}_2\text{O}_3$ ), que é três vezes mais sensível que um cristal de NaI (Iodeto de sódio) com o mesmo volume, normalmente utilizado por aparelhos para esse mesmo tipo de aquisição. Essas informações foram retiradas do manual do aparelho ([https://www.radiationsolutions.ca/wp-content/uploads/2020/03/230\\_Brochure\\_Feb2020.pdf](https://www.radiationsolutions.ca/wp-content/uploads/2020/03/230_Brochure_Feb2020.pdf)).



Figura 7: Fotografia do gamaespectrômetro portátil (Radiations Solutions Inc., modelo RS-230 BGO Super-SPEC) utilizado para a aquisição dos dados analisados no presente estudo. Extraída do manual do aparelho.

O equipamento atua capturando fótons gama com três diferentes intervalos específicos de energia (espectros), que equivalem à energia dos elementos radioativos U, Th e K (Figura 8) exemplo de como é visualizado no *software* do aparelho. Uma vez escolhido o local e o tempo de aquisição da medição, o equipamento registra uma contagem proporcional dos fótons e, após a integração desses dados, o equipamento disponibiliza a contagem total dos fótons e os valores para K, em porcentagem (%), Th e U, em partículas por milhão (ppm). Também é importante ressaltar que, apesar de a medida ser considerada pontual, o valor apresentado pelo equipamento é o resultado da integração de um volume de rocha que fica abaixo do detector.

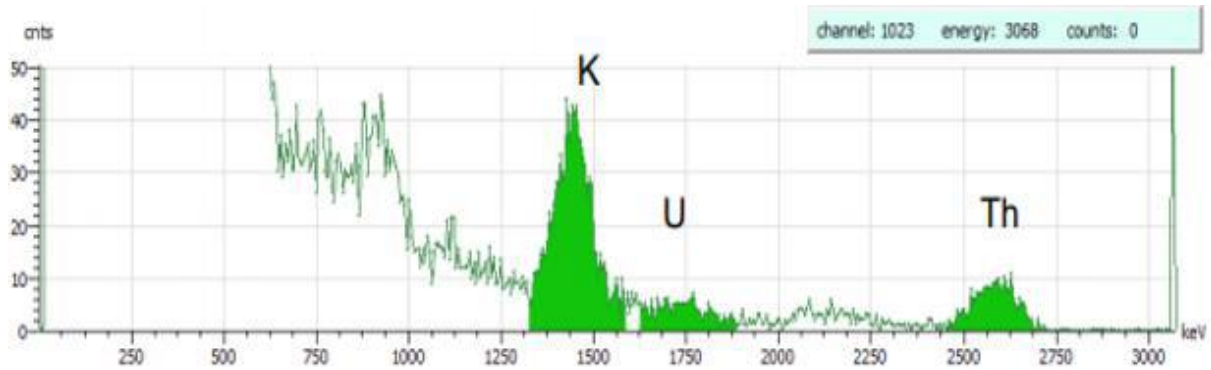


Figura 8: Espectro de energia dos elementos captados pelo gamaespectrômetro. Extraído do software GeoView.

### 5.1 Aquisição dos dados gamaespectrométricos do testemunho do poço 2-VR-1-RJ

A aquisição dos dados gamaespectrométricos iniciou-se na profundidade de 3 metros, pois não ocorreu a recuperação dos testemunhos dos 3 metros iniciais do poço.

Antes de iniciar a aquisição dos dados, foi escolhido um local em que o aparelho sofresse o mínimo de interferência possível nas medições, visto que, por ser um aparelho sensível, qualquer tipo de radiação no local de aquisição dos dados poderia influenciar o resultado. A aquisição dos dados do presente estudo foi feita sobre uma mesa de madeira, para evitar que qualquer mineral da superfície onde estava o testemunho influenciasse o valor medido e sua análise posterior.

A medição foi efetuada posicionando o aparelho sobre o local desejado durante 2 minutos, tempo definido para a aquisição dos dados. Após cada medição, o aparelho informa os resultados dos valores da contagem total (ppm), U (ppm), Th (ppm) e K(%).

Para a medição do ponto seguinte, foi escolhida uma distância de 20 cm do ponto anterior, para uma melhor distribuição de pontos e para não ocorrer sobreposição de dados, visto que o aparelho só vai detectar dados um pouco acima e abaixo do local posicionado.

Após adquiridos, os dados foram transferidos do aparelho para o computador, onde foram visualizados através do *software* RSAnalyst do próprio aparelho, sendo feito o *download* e,

após isso, a seleção e processamento dos dados, que foi realizado no programa Excel. A partir das planilhas montadas, foram elaborados os gráficos de contagem total/profundidade.

A comparação dos pseudo-perfis gerados no presente estudo com o perfil gama obtido através da perfilagem geofísica foi realizada de forma qualitativa, pois a empresa de perfilagem não informou a expressão utilizada para conversão dos dados para gama API (GAPI). Como o gamaespectrômetro fornece o valor da contagem total, foi feita uma conversão para gama API, utilizando a equação abaixo (retirada do *site* The Medusa Institute, 2019):

$$\text{Gamma}[API] = 19.6 * K[\%] + 8.1 * U[ppm] + 4.0 * Th[ppm]$$

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados gamaespectrométricos obtidos nos testemunhos no poço 2-VR-1-RJ estão apresentados na Figura 9 (Curva D – Gamaespectrometria total; Curva E – Urânio; Curva F – Tório; Curva G – Potássio), ao lado do perfil litológico do poço (Curva A), Caliper (Curva B) e perfil gama natural derivado da perfilagem do poço (Curva C).

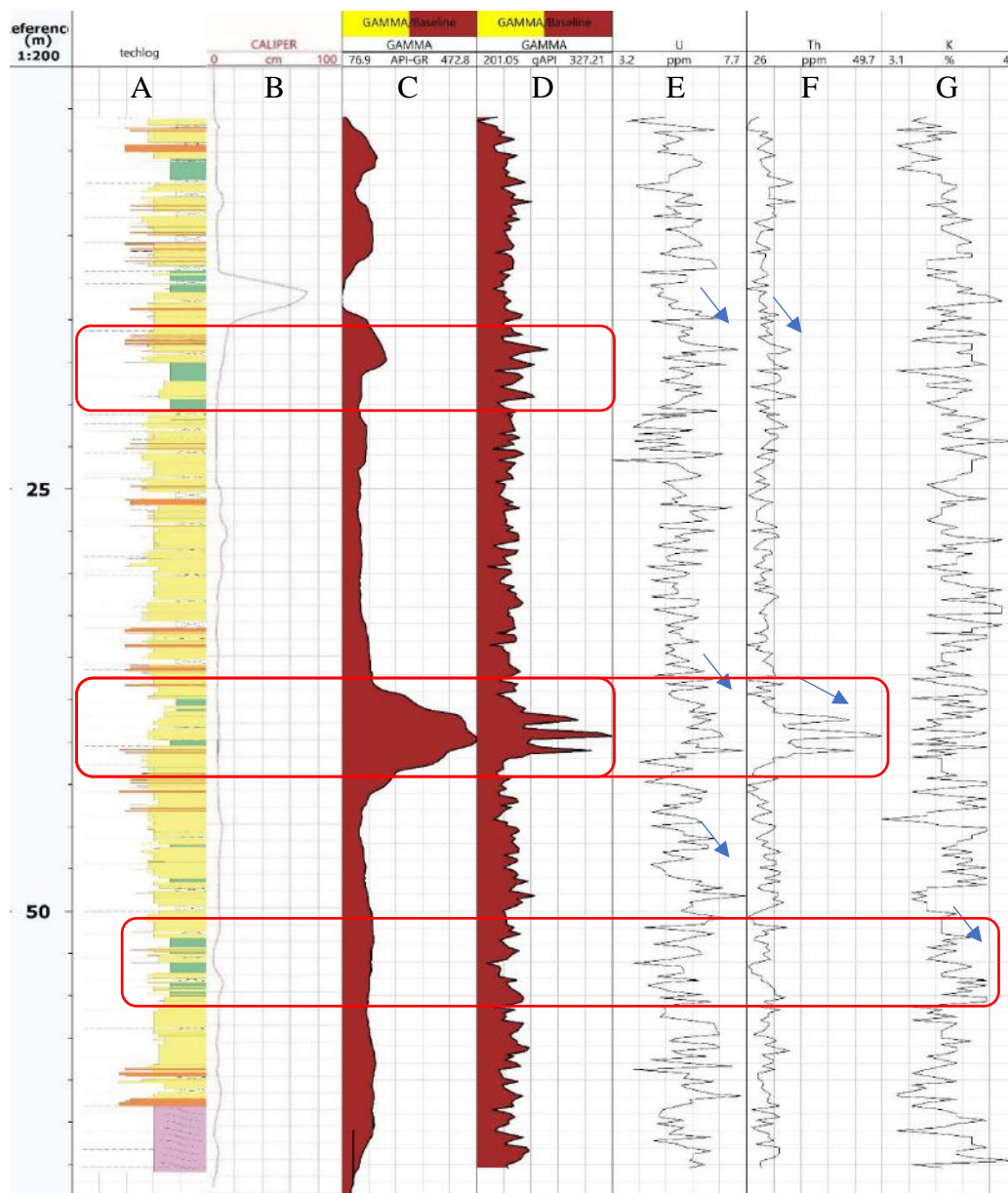


Figura 9: (A) Perfil litológico elaborado pela equipe do projeto de pesquisa no qual o presente estudo está inserido. (B) Caliper. (C) Gama total obtido na perfilagem do poço. (D) Gamaespectrometria total. (E) Urânio. (F) Tório. (G) Potássio. Estão assinalados os valores mais altos ou com tendências de alta nas curvas.

O pseudoperfil criado a partir dos levantamentos gamaespectrométricos dos testemunhos (Curva D na Figura 6) e o perfil gama natural (Curva C na Figura 6) mostram um comportamento geral semelhante. O padrão mais serrilhado da Curva D em comparação ao padrão da Curva C decorre do maior número de pontos amostrados durante a aquisição do gamaespectrômetro.

Os dois principais intervalos com valores maiores no perfil gamaespectrométrico total estão nos intervalos de, 16 a 20 m e 38 a 41 m. Em relação ao primeiro pico é possível visualizar no perfil litológico a presença de argilitos e arenitos neste intervalo, o que pode estar associado ao aumento do gama total. No segundo pico mencionado existe também a presença do argilito, porém com uma maior presença de arenitos e visto que os valores são muito mais altos que os picos anteriores, é provável que isto esteja associado a outros fatores discutidos mais à frente.

Analisando os valores de K (Curva G na Figura 6) ao longo do poço, era suposto que, pela presença de argilitos nos testemunhos, estes seriam bem marcados pela presença de K, porém o resultado não mostra muito bem essa relação direta. Alguns intervalos em que ocorre uma tendência de alta na curva, como entre 51 e 55 m, podem ser atribuídos à presença de argilitos. No entanto, em vários outros intervalos a relação pode ser atribuída à maior presença de mica e feldspato.

Observando a curva do urânio (Curva E na Figura 6), podem ser visualizados alguns intervalos em que ocorre uma tendência de alta na curva, como nos intervalos 17 a 20 m, 38 a 42 m e 47 a 52 m, de acordo com Klaja e Dudek (2016) a concentração de urânio pode estar ligada a presença de matéria orgânica, logo é possível estimar que nestes intervalos ocorra uma maior concentração de matéria orgânica.

Em relação à curva do Th (Curva F na Figura 6), fica evidente que na maior parte do testemunho os valores permanecem entre 26 a 30 ppm, com um pequeno aumento desses valores na presença de argilitos. Porém o que mais chama a atenção nesta curva é a grande alta

no intervalo de 38 a 41 m, chegando a valores de 49 ppm, que ocorre nos arenitos. Nas descrições ocorridas nesta profundidade foi observada uma grande concentração de granadas, o que de acordo com a literatura (SARTANDEL *et al.*, 2012), está associada às leituras mais elevadas no canal do tório.

A razão Th/K foi utilizada para auxiliar na interpretação e identificação do tipo de argilomineral presente nos testemunhos analisados (Figura 10).

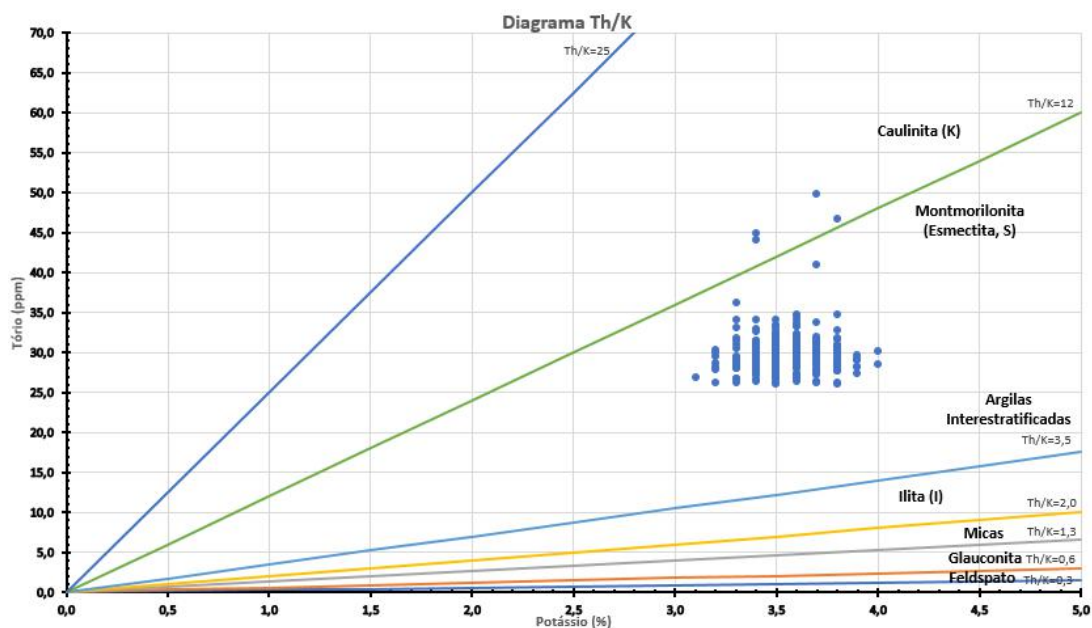


Figura 10: Gráfico Th/K, utilizando dados do testemunho.

É possível visualizar que a grande maioria dos valores obtidos a partir da razão dos valores de Th/K é de 3,5 e 12, mais especificamente entre 7 e 10,8. Esse intervalo é caracterizado como argilas interestratificadas e esmectita, não sendo possível, através do gamaespectrômetro portátil, a diferenciação entre esses argilominerais. É possível visualizar que quatro pontos caem no campo da caulinita, razão entre 12 e 25, foi verificado que esses pontos estão localizados no intervalo entre 39,2 e 40 m e como está é a localização da maior alta de Th do testemunho é necessário ter cautela visto que sua localização poder ser um indicativo de que esses valores não são plenamente confiáveis.

## 7 CONCLUSÃO

Na comparação entre o perfil gama obtido no poço e aquele adquirido através do levantamento diretamente sobre os testemunhos pode-se verificar uma ótima correlação, apesar das diferenças das curvas, visto que o gamaespectrômetro apresenta um maior número de pontos e ocorre um maior tempo na integração dos dados, atendendo assim um dos objetivos deste trabalho.

Analisando as curvas geradas pela gamaespectrometria foi possível obter boa correlação com o perfil estratigráfico, sendo possível estimar de maneira qualitativa a correlação de diversas camadas de rocha com picos de energia nos canais de U, Th e K, auxiliando assim na interpretação dos testemunhos do poço.

No diagrama Th/K, a grande maioria dos pontos plotados (valores) estavam sobre o campo das argilas interestratificadas e da esmectita, não sendo possível a diferenciação através da gamaespectrometria. Os quatro pontos que foram plotados no campo da caulinita estão no intervalo de maior alta de Th do poço logo é preciso ter cautela, devido à localização destes pontos, que pode indicar que estes valores não são plenamente confiáveis. É importante lembrar que a interpretação da razão Th/K não deve ser feita apenas com base no gráfico de dispersão, mas sim em conjunto com outras técnicas de análise, como a difração de raios-X e a microscopia eletrônica de transmissão, logo são necessários mais dados para a determinação do argilomineral.

O próximo passo a ser realizado, com as informações obtidas neste trabalho, é tentar correlacionar estes dados com os levantamentos gamaespectrométricos obtidos no afloramento e dar continuidade aos levantamentos gamaespectrométricos dos testemunhos do segundo poço do projeto em que este trabalho está inserido tentando correlaciona-los com os testemunhos deste estudo.



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, F. J. F., CANDIDO, A. G. ROSTIROLLA, S. P. (2010) Correlação gamaespectrométrica de afloramentos e poços: estudo de caso na Formação Ponta Grossa (Bacia do Paraná, Brasil), *Revista Brasileira de Geofísica*, **28**(3): 371–396.

HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A. C., CAMPOS NETO, M. D. C., SILVA, L. D., TROUW, R. A. J., JANASI, V. D. A. (2004). Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. (eds.), *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Editora Beca, 203-235.

HOWELL, J. A., MARTINIUS, A. W., GOOD, T. R. (2014) The application of outcrop analogues in geological modelling: a review, present status and future outlook, *Geological Society, London, Special Publication*, **387**(1): 1-25.

KLAJA, J & DUDEK, L. (2016). “Geological Interpretation of Spectral Gamma Ray (SGR) Logging in Selected Boreholes.” *Nafta-Gaz* **72**(1):3–14.

MACIEL, I. B. (2016) *Caracterização da Deformação Rúptil em Afloramento da Formação Resende, Bacia de Volta Redonda (Estado do Rio de Janeiro)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 80 p.

MACIEL, I. B.; MELLO, C. L.; SILVA, A. T. 2017 Caracterização da deformação rúptil em afloramento da Formação Resende, Bacia de Volta Redonda, Estado do Rio de Janeiro”, *Geologia USP. Série Científica*, **17**(3) 113-124.

MEDUSA INSTITUTE. GAMMARAY API UNIT CONVERSION. Disponível em: <https://the.medusa.institute/wiki/gammaray-api-unit-conversion>. Acesso em: 26 nov. 2019.

NEGRÃO, A. P., RAMOS, R. R. C., MELLO, C. L., SANSON, M. S. R. 2015. Mapa geológico do cenozoico da região da bacia de Volta Redonda (RJ, segmento central do Rifte Continental

do Sudeste do Brasil): identificação de novos grábens e ocorrências descontínuas, e caracterização de estágios tectonossedimentares. *Brazilian Journal of Geology*, **45**(2): 273–291.

RICCOMINI, C. (1989). *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 256p

RICCOMINI C., SANT'ANNA L. G., FERRARI A. L. 2004. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., DAL RÉ CARNEIRO, C., BRITO NEVES, B.B. (eds.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Editora Beca, p. 383–405.

SÁ, J. R.; ANJOS, R. M. DOS.; CARDOSO, R. P.; MUNIZ, M. C.; CID, A.S. LACERDA, T.C. (2017) Interação da Física das Radiações com o Cotidiano: uma prática multidisciplinar para o Ensino de Física, *Revista Brasileira De Ensino De Física*, Sociedade Brasileira de Física, **39** (1) 11p.

SANSON, M. S. R.; RAMOS, R. R. C.; MELLO, C. L. (2006) Bacias Sedimentares Brasileiras- Bacia de Volta Redonda. *Phoenix*, 88, 1-6.

SANTOS, J. G. B., (2015). *Avaliação Qualitativa de Argilominerais em Rochas da Formação Resende (Bacia de Volta Redonda - RJ) utilizando a Gamaespectrometria*. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. 46p

SARTANDEL, S. J.; BARA, S. V.; CHINNAESAKKI, S.; TRIPATHI, R. M.; PURANIK, V. D.; (2012) Measurement of naturally occurring radioactive materials (NORM) in beach sand minerals using HPGe based gamma-ray spectrometry. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **294**(3), 447–451.

VOGEL, S. N. (2018). *Caracterização macroscópica e microscópica de aspectos texturais e estruturais relacionados à deformação rúptil de arenitos pouco consolidados (Formação Resende, Bacia de Volta Redonda) e aspectos permoporosos associados*. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Instituto de Geociências - UFRJ. 89 p.



## APÊNDICE 1- DADOS DO APARELHO GAMA ESPECTOMÉTRICO

Id	Total[ppm]	Gamma api	K[%]	U[ppm]	Th[ppm]	Th/K	Profundidade
3322	27,5	219,54	3,4	5	28,1	8,26	3
3323	26,9	201,05	3,3	3,7	26,6	8,06	3,2
3324	28,2	219,57	3,5	5,7	26,2	7,49	3,4
3325	27,2	220,58	3,2	6,6	26,1	8,16	3,6
3326	27,9	226,62	3,6	4,6	29,7	8,25	3,8
3327	28,4	213,23	3,2	5,1	27,3	8,53	4
3328	27,8	221,56	3,4	5,2	28,2	8,29	4,2
3329	28,7	235,96	3,5	5,6	30,5	8,71	4,4
3330	27,8	216,81	3,2	4,9	28,6	8,94	4,6
3331	27,8	217,59	3,3	5,1	27,9	8,45	4,8
3332	28,6	220,35	3,3	4,7	29,4	8,91	5
3333	29,1	238,43	3,4	5,9	31	9,12	5,2
3334	28,6	229,59	3,5	5,9	28,3	8,09	5,4
3335	28,7	229,3	3,3	6,2	28,6	8,67	5,6
3336	28,8	228,89	3,3	6,1	28,7	8,7	5,8
3337	28,1	225,68	3,2	5,6	29,4	9,19	6
3338	28	231,18	3,4	5,4	30,2	8,88	6,2
3339	29	227,91	3,5	5,1	29,5	8,43	6,4
3340	29,3	246,31	3,5	5,1	34,1	9,74	6,6
3341	29,2	232,16	3,6	4	32,3	8,97	6,8
3342	28,2	223,37	3,6	4,1	29,9	8,31	7
3343	28,5	236,79	3,5	5,9	30,1	8,6	7,2
3344	29	232,35	3,5	5,5	29,8	8,51	7,4
3345	30,8	251,89	3,6	5,3	34,6	9,61	7,6
3346	29,1	234,46	3,4	6,2	29,4	8,65	7,8
3347	29,4	232,3	3,5	5	30,8	8,8	8
3348	28,8	237,51	3,6	5,5	30,6	8,5	8,2
3349	28,3	233,92	3,5	5,2	30,8	8,8	8,4
3350	28,5	228,37	3,4	5,3	29,7	8,735294	8,6
3351	28	226,86	3,3	5,8	28,8	8,727273	8,8
3352	28,6	230,66	3,5	4,6	31,2	8,91	9
3353	29,6	241,14	3,7	6,2	29,6	8	9,2
3354	28,9	227,15	3,6	5,9	27,2	7,56	9,4
3355	28,4	232,79	3,5	5,9	29,1	8,31	9,6
3356	28,2	231,5	3,5	5	30,6	8,74	9,8
3357	28,3	226,74	3,5	5,4	28,6	8,17	10
3358	28,9	232,33	3,7	6,1	27,6	7,46	10,2
3359	29,1	235,58	3,6	6,2	28,7	7,97	10,4
3360	28,7	233,48	3,6	5,2	30,2	8,39	10,6

3361	28	218,27	3,6	5,1	26,6	7,39	10,8
3362	28,6	228,6	3,7	4,8	29,3	7,92	11
3363	28,4	233,46	3,7	5,4	29,3	7,92	11,2
3364	29,1	234,89	3,4	6,5	28,9	8,5	11,4
3365	27,8	234,51	3,4	6,7	28,4	8,35	11,6
3366	28,3	222,18	3,6	4,2	29,4	8,17	11,8
3367	27,6	231,61	3,4	5,7	29,7	8,74	12
3368	28,1	224,33	3,6	5,7	26,9	7,47	12,2
3369	28,3	226,21	3,6	4,5	29,8	8,28	12,4
3370	28	216,61	3,7	4,9	26,1	7,05	12,6
3371	27,9	228,65	3,6	4,9	29,6	8,22	12,8
3372	28,7	226,15	3,8	4,7	28,4	7,47	13
3373	28,5	232,58	3,9	5,4	28,1	7,21	13,2
3374	28,4	227,87	3,6	5,1	29	8,06	13,4
3375	28,7	227,16	3,4	5,2	29,6	8,71	13,6
3376	29	232,78	3,6	6,2	28	7,78	13,8
3377	29,3	243,6	3,5	6	31,6	9,03	14
3378	28,8	240,8	3,7	6,8	28,3	7,65	14,2
3379	28	223,05	3,5	4,5	29,5	8,43	14,4
3380	28,2	227,45	3,5	4,5	30,6	8,74	14,6
3381	28,4	225,13	3,5	5,3	28,4	8,11	14,8
3382	28,4	233,63	3,4	5,9	29,8	8,76	15
3383	29,6	234,67	3,7	5,5	29,4	7,95	15,2
3384	30,4	243,46	3,8	5,8	30,5	8,03	15,4
3385	28,2	223,94	3,5	5,4	27,9	7,97	15,6
3386	28,9	226,43	3,3	5,5	29,3	8,88	15,8
3387	29,3	240,71	3,7	5,9	30,1	8,14	16
3389	31,4	267,26	3,7	7,4	33,7	9,11	16,2
3390	31,6	244,31	3,6	5,5	32,3	8,97	16,4
3391	29,5	239,12	3,7	6	29,5	7,97	16,6
3392	28,9	231,81	3,7	4,9	29,9	8,08	16,8
3393	29,9	243,11	3,7	5,9	30,7	8,3	17
3394	30,4	254,38	3,8	7	30,8	8,11	17,2
3395	30,7	243,51	3,5	5,1	33,4	9,54	17,4
3397	27,1	218,47	3,2	5,5	27,8	8,69	17,6
3398	28,9	239,63	3,4	5,9	31,3	9,21	17,8
3399	29,7	243,92	3,6	5,6	32	8,89	18
3400	29,1	238,6	3,7	4,8	31,8	8,59	18,2
3401	28,4	233,99	3,4	5,5	30,7	9,03	18,4
3402	28,7	223,26	3,4	6,2	26,6	7,82	18,6
3403	29	234,65	3,7	5,3	29,8	8,05	18,8
3404	30	248,78	3,6	6,2	32	8,89	19
3405	30,3	254,72	3,6	5,6	34,7	9,64	19,2

3406	28,5	229,95	3,5	5,5	29,2	8,34	19,4
3407	28,6	220,38	3,4	5,4	27,5	8,09	19,6
3408	28,5	227,07	3,5	4,7	30,1	8,6	19,8
3409	29,6	237,63	3,6	6,7	28,2	7,83	20
3410	29	229,42	3,5	4,2	31,7	9,06	20,2
3411	27,5		3,1	6,1	29	9,35	20,4
3415	28,4	234,33	3,6	5,7	29,4	8,17	20,6
3416	28,5	232,14	3,8	4,6	30,1	7,92	20,8
3417	28,5	234,95	3,6	3,9	33,2	9,22	21
3418	28,5	236,71	3,7	5,9	29,1	7,86	21,2
3419	28,4	222,61	3,5	4,1	30,2	8,63	21,4
3420	28,3	233,49	3,5	4,9	31,3	8,94	21,6
3421	29,1	241,11	3,6	5,5	31,5	8,75	21,8
3422	29,5	230,39	4	3,9	30,1	7,53	22
3423	28,9	235,88	3,7	5,6	29,5	7,97	22,2
3424	28,5	215,81	3,5	4,1	28,5	8,14	22,4
3425	28,7	237,87	3,6	5,1	31,5	8,75	22,6
3426	28,8	244,81	3,7	6,9	29,1	7,86	22,8
3427	29,1	236,71	3,8	6,3	27,8	7,32	23
3428	28,5	221,64	3,7	3,2	30,8	8,32	23,2
3429	29,1	237,05	3,7	5,3	30,4	8,22	23,4
3430	28,4	226,74	3,5	5,4	28,6	8,17	23,6
3431	27,9	228,3	3,7	5,8	27,2	7,35	23,8
3432	28,6	233,58	3,6	6,2	28,2	7,83	24
3433	28,9	234,74	3,6	5,8	29,3	8,14	24,2
3434	27,9	218,29	3,5	4,9	27,5	7,86	24,4
3435	28,5	228,35	3,4	5,1	30,1	8,85	24,6
3436	26,8	221,93	3,6	5,7	26,3	7,31	24,8
3437	28,8	227	3,8	5,2	27,6	7,26	25
3438	28,6	234,34	3,5	5,4	30,5	8,71	25,2
3439	28,5	227,44	3,6	4,8	29,5	8,19	25,4
3440	28,6	240,92	3,5	7,2	28,5	8,14	25,6
3441	27,9	226,38	3,5	5,8	27,7	7,91	25,8
3442	28,1	227,19	3,5	5,9	27,7	7,91	26
3443	28,1	228,79	3,5	5,9	28,1	8,03	26,2
3444	27,9	228,88	3,4	6,4	27,6	8,12	26,4
3445	27,8	227,88	3,5	4,8	30,1	8,6	26,6
3446	28,7	234,64	3,6	4,8	31,3	8,69	26,8
3447	28,4	228,86	3,5	6,6	26,7	7,63	27
3448	29,2	238,77	3,5	5,7	31	8,86	27,2
3449	29,3	240,29	3,6	5,3	31,7	8,81	27,4
3450	29,3	239,82	3,9	5,8	29,1	7,46	27,6
3451	27,5	216,66	3,5	4,6	27,7	7,91	27,8

3452	28,2	223,51	3,6	5,5	27,1	7,53	28
3453	29,2	239,28	3,4	6,4	30,2	8,88	28,2
3454	28,7	237,05	3,7	5,3	30,4	8,22	28,4
3455	28,7	225,86	3,6	5	28,7	7,97	28,6
3456	28,7	228,67	3,6	5,1	29,2	8,11	28,8
3457	29	232,38	3,6	6,2	27,9	7,75	29
3458	27,2	211,48	3,4	4,4	27,3	8,03	29,2
3459	28	232,32	3,5	5,2	30,4	8,69	29,4
3460	28,5	233,5	3,7	5,8	28,5	7,7	29,6
3461	28,6	227,96	3,5	5,6	28,5	8,14	29,8
3462	28,7	222,65	3,5	4,5	29,4	8,4	30
3463	28,2	223,5	3,6	5,4	27,3	7,58	30,2
3464	28,7	235,84	3,7	5,2	30,3	8,19	30,4
3465	28,6	229,38	3,9	5,4	27,3	7	30,6
3466	29	237,46	3,7	5,4	30,3	8,19	30,8
3467	28,9	237,33	3,8	4,5	31,6	8,32	31
3468	29,6	240,41	3,5	6,1	30,6	8,74	31,2
3469	28,8	243,89	3,8	6,1	30	7,89	31,4
3470	29,1	240,63	3,9	5,9	29,1	7,46	31,6
3471	29,1	229,7	3,9	4,6	29	7,44	31,8
3472	29,3	231,36	3,9	5,2	28,2	7,23	32
3473	27,8	229,59	3,4	5,5	29,6	8,71	32,2
3474	27,3	234,41	3,5	6,1	29,1	8,31	32,4
3475	28,5	235,74	3,9	5	29,7	7,62	32,6
3476	28,9	236,68	3,7	5,6	29,7	8,03	32,8
3477	28,6	228,23	3,7	5,1	28,6	7,73	33
3478	28,1	219,18	3,4	5,4	27,2	8	33,2
3479	28,5	235,83	3,8	5,5	29,2	7,68	33,4
3480	28,7	237,83	3,8	5,5	29,7	7,82	33,6
3481	29,1	237,17	3,6	6,1	29,3	8,14	33,8
3482	28,2	213,5	3,5	5	26,1	7,46	34
3483	28,7	231,17	3,5	5,7	29,1	8,31	34,2
3484	28,9	225,81	3,6	4,5	29,7	8,25	34,4
3485	29,3	237,86	3,8	5,8	29,1	7,66	34,6
3486	29,2	229,01	3,7	4,9	29,2	7,89	34,8
3487	29,5	240,49	3,5	6,9	29	8,29	35
3488	27,6	218,8	3,4	5,6	26,7	7,85	35,2
3489	27,2	221,64	3,4	6	26,6	7,82	35,4
3490	28,7	230,06	3,4	6,2	28,3	8,32	35,6
3491	29,1	242,14	3,4	7	29,7	8,74	35,8
3492	28,1	236,85	3,3	5,7	31,5	9,55	36
3493	28,5	223,12	3,5	5,2	28,1	8,03	36,2
3494	28,9	233,05	3,7	5,3	29,4	7,95	36,4

3495	29,4	231,15	3,6	5,9	28,2	7,83	36,6
3496	29,5	242,67	3,9	6,3	28,8	7,38	36,8
3497	29,1	237,46	3,6	5	31,6	8,78	37
3498	28,9	230,6	3,6	4,4	31,1	8,64	37,2
3499	29,6	232,24	3,6	4,8	30,7	8,53	37,4
3500	29,5	240,29	3,6	5,3	31,7	8,81	37,6
3501	29,3	245,91	3,7	5,9	31,4	8,49	37,8
3502	29,5	236,13	3,3	6,5	29,7	9	38
3503	30,4	236,41	3,5	6,1	29,6	8,46	38,2
3504	33,7	264,08	3,5	6,8	35,1	10,03	38,4
3505	34,6	283,44	3,8	5,6	40,9	10,76	38,6
3506	30,3	256,23	3,3	7,5	32,7	9,91	38,8
3507	30,5	250,17	3,4	7,3	31,1	9,15	39
3508	32,9	269,61	3,4	5,7	39,2	12,23	39,2
3509	38,3	318,93	3,8	8,5	43,9	12,55	39,4
3510	39,4	327,25	3,7	7,3	48,9	13,22	39,6
3514	29,7	236,55	3	5,5	33,3	12,3	39,8
3518	30,9	245,72	3,5	7,2	29,7	8,49	40
3519	31,4	259,75	3,4	7,1	33,9	9,97	40,2
3520	32,4	258,28	3,6	5,2	36,4	10,11	40,4
3521	30,6	247,52	3,6	5,6	32,9	9,14	40,6
3522	29,3	239,6	3,5	6	30,6	8,74	40,8
3523	29,2	229,71	3,3	6,3	28,5	8,64	41
3524	28	223,59	3,3	5,1	29,4	8,91	41,2
3525	28,2	227,06	3,6	5	29	8,06	41,4
3526	27	221,06	3,6	5	27,5	7,64	41,6
3527	26,9	215,94	3,4	5	27,2	8	41,8
3528	29,4	234,65	3,7	5,3	29,8	8,05	42
3529	29,3	241,82	3,7	5	32,2	8,7	42,2
3530	28,9	232,35	4,1	3,9	30,1	7,34	42,4
3531	29	229,41	3,8	5,3	28	7,37	42,6
3532	28,5	226,25	3,6	4,9	29	8,06	42,8
3533	30	238,13	3,7	4,1	33,1	8,95	43
3534	29,9	245,11	3,8	6,3	29,9	7,87	43,2
3535	29,4	246,24	3,8	5,6	31,6	8,32	43,4
3536	29,1	235,84	3,8	5,6	29	7,63	43,6
3537	28,9	239,56	3,6	6	30,1	8,36	43,8
3539	28,7	227,52	3,5	5,2	29,2	8,34	44
3540	28,4	222,39	3,4	5,5	27,8	8,18	44,2
3541	27,6	216,96	3,1	6	26,9	8,68	44,4
3542	28,5	229,26	3,4	6,2	28,1	8,26	44,6
3543	28,2	229,05	3,5	4,5	31	8,86	44,8
3544	29,6	238,18	3,8	5	30,8	8,11	45



3545	29,8	240,64	3,8	5,6	30,2	7,95	45,2
3546	29,7	232,28	3,7	5,6	28,6	7,73	45,4
3547	29,7	236,78	3,7	6,6	27,7	7,49	45,6
3548	28,8	233,5	3,6	5,4	29,8	8,28	45,8
3549	29,7	236,8	3,6	6,4	28,6	7,94	46
3550	29,9	240,44	3,5	6,4	30	8,57	46,2
3551	30	239,81	3,7	4,9	31,9	8,62	46,4
3552	29,1	226,32	3,5	5,2	28,9	8,26	46,6
3553	29,6	237,91	3,7	5,9	29,4	7,95	46,8
3554	29,5	239,04	3,7	5,2	31,1	8,41	47
3555	28,7	231,81	3,6	4,5	31,2	8,67	47,2
3556	28,9	226,56	3,8	4,8	28,3	7,45	47,4
3557	29,2	236,7	3,5	5	31,9	9,11	47,6
3558	29,3	239,42	3,7	5	31,6	8,54	47,8
3559	29,6	235,02	3,8	5,4	29,2	7,68	48
3560	30	248,38	3,6	6,2	31,9	8,86	48,2
3561	29,6	237,48	3,8	6	28,6	7,53	48,4
3562	29,4	234,13	3,4	6,9	27,9	8,21	48,6
3563	28,9	231,22	3,4	5,8	29,4	8,65	48,8
3564	29,6	241,31	3,3	6,3	31,4	9,52	49
3565	30,1	255,01	3,4	7,7	31,5	9,26	49,2
3566	29,6	238,12	3,3	6,4	30,4	9,21	49,4
3567	29,5	243,62	3,4	5,8	32,5	9,56	49,6
3568	29,8	236,83	3,4	5,9	30,6	9	49,8
3572	28	225,59	3,4	5,5	28,6	8,41	50
3573	28,3	227,96	3,6	6	27,2	7,56	50,2
3574	28,3	228,49	3,5	6,9	26	7,43	50,4
3575	28,9	228,84	3,5	6,4	27,1	7,74	50,6
3576	27,9	228,43	3,5	6,3	27,2	7,77	50,8
3577	29,3	235,43	3,5	4,3	33	9,43	51
3578	28,6	231,19	3,5	5,9	28,7	8,2	51,2
3579	29	241,66	3,5	6,6	29,9	8,54	51,4
3580	28,5	230,31	3,7	5,9	27,5	7,43	51,6
3581	27,7	222,35	3,5	5,5	27,3	7,8	51,8
3582	29,1	227,42	3,6	4,6	29,9	8,31	52
3583	29,4	230,82	3,4	5,8	29,3	8,62	52,2
3584	29,2	240,37	3,6	6,1	30,1	8,36	52,4
3585	29,1	234,02	3,5	6,2	28,8	8,23	52,6
3586	28,1	228,75	3,4	5,1	30,2	8,88	52,8
3587	28,5	222,82	3,3	5,4	28,6	8,67	53
3588	28,1	210,55	3,6	3,9	27,1	7,53	53,2
3589	28,5	222,27	3,7	5,5	26,3	7,11	53,4
3590	28,1	223,52	3,6	5,6	26,9	7,47	53,6

3591	28,4	221,56	3,5	5,6	26,9	7,69	53,8
3592	27,8	221,47	3,5	4,7	28,7	8,2	54
3593	29,1	237,89	3,8	6,1	28,5	7,5	54,2
3594	29	229,06	3,6	5	29,5	8,19	54,4
3595	29	230,52	3,8	4,4	30,1	7,92	54,6
3596	28,9	233,05	3,6	4,9	30,7	8,53	54,8
3597	29,4	237,43	3,7	5,1	30,9	8,35	55
3598	30	242,02	3,5	6,2	30,8	8,8	55,2
3599	29,7	244,56	3,8	4,8	32,8	8,63	55,4
3600	29,7	243,13	3,8	6,5	29	7,63	55,6
3601	28,6	233,13	3,5	5,3	30,4	8,69	55,8
3602	27,8	217,17	3,3	4,9	28,2	8,55	56
3603	28,8	236,3	3,5	5	31,8	9,09	56,2
3604	28,9	226,34	3,4	5	29,8	8,76	56,4
3605	28,7	228,64	3,6	4,8	29,8	8,28	56,6
3606	28,2	224,45	3,3	5,7	28,4	8,61	56,8
3607	29	244,42	3,6	6,6	30,1	8,36	57
3608	29,1	238,87	3,5	6,7	29	8,29	57,2
3609	30,1	232,08	3,5	6,8	27,1	7,74	57,4
3610	28,8	233,54	3,5	5,4	30,3	8,66	57,6
3611	28,7	238,63	3,7	5,1	31,2	8,43	57,8
3612	28,9	238,86	3,5	6,6	29,2	8,34	58
3613	29,9	250,04	3,6	6,8	31,1	8,64	58,2
3614	29,5	247,08	3,6	5,2	33,6	9,33	58,4
3615	29,2	228,76	3,5	5,6	28,7	8,2	58,6
3616	28,7	235,28	3,4	6,4	29,2	8,59	58,8
3617	29	227,45	3,5	4,5	30,6	8,74	59
3618	29,1	237,52	3,6	5,6	30,4	8,44	59,2
3619	29,1	241,72	3,5	7,2	28,7	8,2	59,4
3620	27,8	221,83	3,4	3,9	30,9	9,09	59,6
3621	28,2	223,26	3,3	5,8	27,9	8,45	59,8
3622	29,2	225,56	3,5	5,6	27,9	7,97	60
3623	29,1	239,22	3,6	6,6	28,8	8	60,2
3624	29,1	224,83	3,3	5,5	28,9	8,76	60,4
3625	28,2	226,81	3,4	5,7	28,5	8,38	60,6
3626	28,3	236,98	3,2	6,6	30,2	9,44	60,8
3627	29,3	243,47	3,2	7,5	30	9,38	61
3628	29,8	236,34	3,6	5,8	29,7	8,25	61,2
3629	29,1	233,23	3,4	5,9	29,7	8,74	61,4
3630	28,6	235,22	3,3	5,4	31,7	9,61	61,6
3631	28,6	215,89	3,5	4,9	26,9	7,69	61,8
3632	29	232,24	3,6	4,8	30,7	8,53	62
3633	29,2	236,24	3,6	4,8	31,7	8,81	62,2

3634	29,5	230,24	3,8	5,6	27,6	7,26	62,4
3635	28,4	231,03	3,6	4,7	30,6	8,5	62,6
3636	26,8	221,16	3,5	5,6	26,8	7,66	62,8