

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **ANÁLISE DAS OUTORGAS DE USO DA ÁGUA NA SUB-BACIA DO RIO DO CARMO-MG**

*Rafael Fernando Marinho Quintão<sup>1</sup>; Ana Maria Nascimento Gonçalves<sup>2</sup>, Letícia Pereira dos Santos<sup>3</sup>, Vitória Gomes Macedo<sup>4</sup>, Yasmin Andrade Lima<sup>5</sup> & Rodrigo Sérgio de Paula<sup>6</sup>*

**Abstract:** This study presents an analysis of the water use and abstraction permits for surface and groundwater in the sub-basin of the Rio do Carmo, in Minas Gerais, between the years 1999 and 2025. Based on data from IDE-SISEMA, it was possible to analyze the spatial and temporal distribution of water withdrawals, identifying growth trends, especially after the Fundão dam collapse in 2015. The results indicate a historical regional dependence on groundwater abstraction, but with a recent increase in permits for surface water use, mainly aimed at public supply. The study reinforces the importance of integrated water resource management to ensure sustainable use and environmental protection of the basin.

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma avaliação das outorgas de uso e captação de águas superficiais e subterrâneas na sub-bacia do rio do Carmo, em Minas Gerais, entre os anos de 1999 e 2025. A partir de dados do IDE-SISEMA, foi possível analisar a distribuição espacial e temporal das captações, identificando tendências de crescimento no volume de água bombeado, especialmente após o desastre do rompimento da barragem de Fundão em 2015. Os resultados indicam uma histórica dependência regional da captação de águas subterrâneas, mas com aumento recente das outorgas para captação superficial, sobretudo voltadas ao abastecimento público. O estudo reforça a importância da gestão integrada dos recursos hídricos como forma de garantir o uso sustentável dos recursos hídricos.

**Palavras-Chave** – Quadrilátero ferrífero; Recursos Hídricos; Captação.

### **INTRODUÇÃO**

O conhecimento a respeito dos principais tipos de consumo de água de uma região é essencial para a gestão, controle e proteção dos recursos hídricos em uma região. Tendo isso em vista, o objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação das outorgas de uso e captação de águas superficiais

1) Afiliação: Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Universidade Federal de Minas Gerais Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, CPMTC-IGC, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte (MG), 31270-901, Brasil, rafafmquintao@gmail.com.  
2) Afiliação: Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Ambiental, DESA, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte (MG), 31270-901, Brasil, anamarianascgs@gmail.com.

3) Afiliação: Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Universidade Federal de Minas Gerais Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, CPMTC-IGC, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte (MG), 31270-901, Brasil, letterpds@gmail.com.

4) Afiliação: Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Universidade Federal de Minas Gerais Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, CPMTC-IGC, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte (MG), 31270-901, Brasil, vitoriaogomesmacedo3@gmail.com.

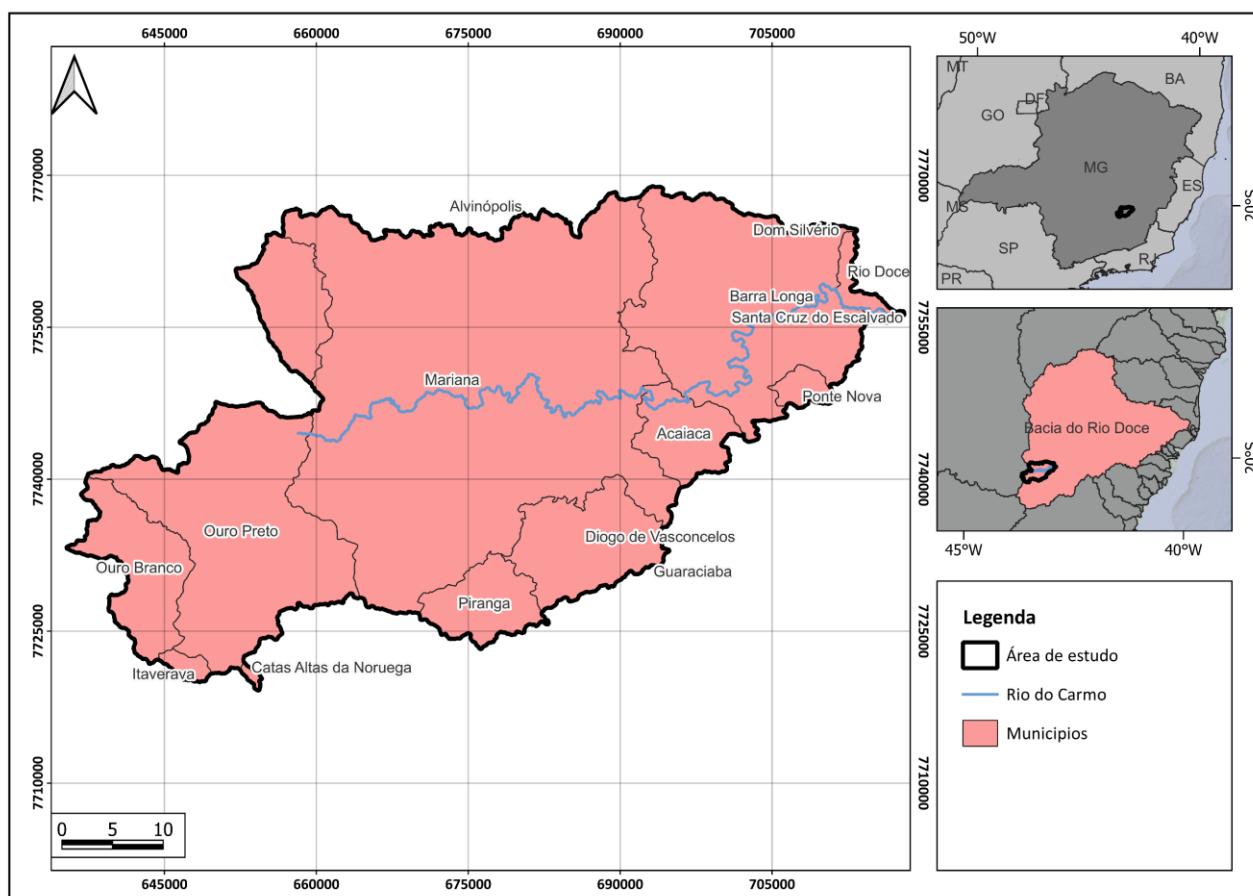
5) Afiliação: Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Universidade Federal de Minas Gerais Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte (MG), 31270-901, Brasil, yasandrade@gmail.com.

6) Afiliação: Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Ambiental, DESA, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte (MG), 31270-901, Brasil, depaula.ufmg@gmail.com.

e subterrâneas na sub bacia do Rio do Carmo-MG e suas relações com ações antrópicas a partir do ano de 1999 até 2025.

O rio do Carmo, objeto de estudo, se origina no município de Ouro Preto, e sua bacia hidrográfica ocupa uma área de aproximadamente 2.278 km<sup>2</sup>, equivalente a 2,73% da área da bacia do rio Doce, configurando-se como um de seus principais afluentes. A região abrange cerca de 15 municípios, localizados total ou parcialmente dentro da bacia. Estes municípios possuem, no total, cerca de 280.000 habitantes, segundo estimativa do IBGE para o ano de 2022.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, destacando os municípios que compõem a bacia do rio do Carmo e a esquerda mapas identificando a área no estado de Minas Gerais e na bacia do rio doce.



Geologicamente, a área de estudo se insere no contexto do Quadrilátero Ferrífero, localizado no extremo sudeste do Cráton São Francisco e abrangendo uma área de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup>. De acordo com Endo *et. al.*, o Quadrilátero Ferrífero é constituído por unidades litoestratigráficas do Arqueano, do Paleo-Mesoproterozoico e do Cenozoico, a saber: Complexos Metamórficos, Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas, Supergrupo Estrada Real, e unidades sedimentares.

Hidrogeologicamente, as unidades aquíferas na região do Quadrilátero Ferrífero já foram classificadas por diversos autores, como Andrade (2023) e Magalhães (2023). Neste trabalho, as unidades foram classificadas em conformidade com esses autores, que diferenciam unidades aquíferas e unidades não aquíferas, no qual são consideradas como aquíferos as unidades geológicas que produzem quantidades significativas de água através de poços ou nascentes. Dessa maneira, o sistema aquífero da área de estudo foi dividido em seis unidades aquíferas e quatro unidades não aquíferas. Das unidades não aquíferas citam-se aquitardo do embasamento, aquitardo Rio das Velhas,

aquitardo Batatal, e aquitardo das suítes intrusivas. As unidades aquíferas compreendem o aquífero Moeda, o aquífero Cauê, o aquífero Gandarela, o aquífero Piracicaba, o aquífero Estrada Real e os aquíferos de coberturas sedimentares.

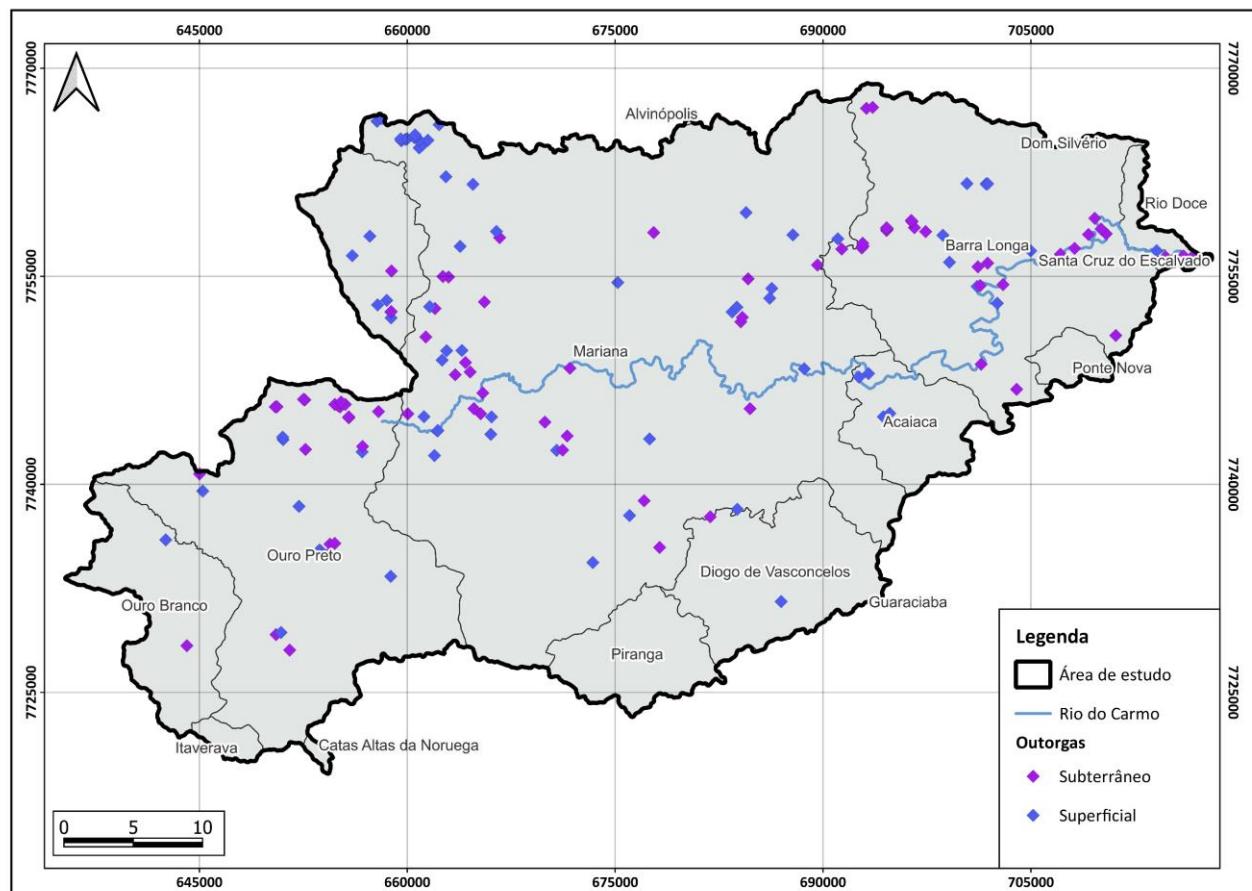
## MÉTODOS

Os dados de captações subterrâneas e superficiais foram obtidos através da plataforma IDE SISEMA, de controle do Instituto Mineiro de Gestão de Água (IGAM). Conforme a metodologia realizada por Fiusa (2025), as outorgas foram separadas por tipo de captação (superficial ou subterrânea). Para a definição do tempo de atividade dos poços, foram analisados 25 anos da coluna “data de vigência da certidão”, levando em consideração a vida útil média de um poço. Para uso de águas superficiais, de acordo com a portaria IGAM nº 48 de 04 de outubro de 2019, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas, a validade de uma outorga de recursos hídricos superficiais é de até 35 anos para uso destinado ao saneamento básico e para demais usos a validade é de até 10 anos.

## RESULTADOS

Com os dados de captações de 1999 até 2025 foi possível analisar a evolução do uso de água superficial e subterrânea na área de estudos, discriminando também as porções de maior demanda de recurso hídrico da bacia hidrográfica durante esse período. Como pode ser observado na figura 1, a distribuição geral de outorgas por município na área de estudo é homogênea, com leve concentração de captações nos municípios de maior população correspondente na bacia, sendo eles Ouro preto e Mariana.

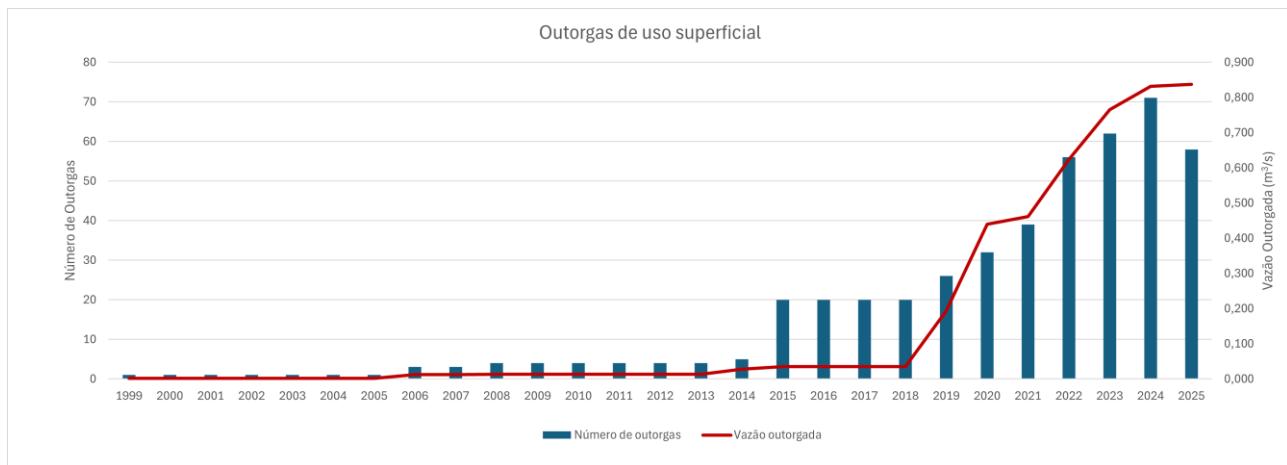
Figura 2 – Mapa de distribuição das outorgas ativas na área de estudo, destacando os municípios que compõem a área de estudo e curso de água principal do rio do Carmo.



Para a água superficial, é possível destacar 2 períodos de crescimento do número de outorgas. De 1999 até 2014 as captações para poços outorgáveis, se mantiveram constantes em termos de quantidade de captação, com ao aumento do número de outorgas de 1 para 4 durante esse período. Porém, a partir do ano de 2015, houve um aumento significativo de outorgas, em que 15 novas outorgas foram realizadas, permanecendo praticamente constante até 2018, com um volume médio de 0,035 m<sup>3</sup>/s, quando há um novo aumento exponencial de outorgas a partir de 2019 até o ano de 2025, atingindo volume captado na faixa de 0,838 m<sup>3</sup>/s, referentes a 58 processos de outorga ativos. O primeiro evento de aumento do número de outorgas no ano de 2015 pode estar associado ao rompimento da barragem do Fundão, evento que ocorreu em novembro deste ano no subdistrito de Bento Rodrigues, a 35 km do centro do município brasileiro de Mariana, Minas Gerais, visto que todos os novos processos de outorga abertos foram realizados pela Samarco Mineração S.A, empresa que controlava as operações da barragem, com o objetivo de mitigar os danos causados pelo desastre industrial.

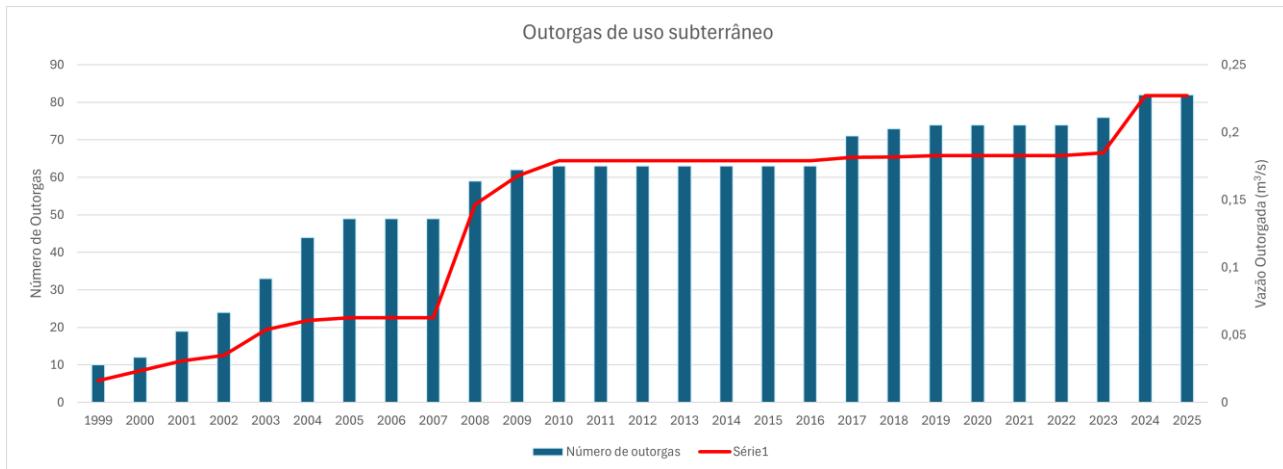
O posterior crescimento do número de outorgas entre os anos de 2019 e 2025 para uso de água superficial se deve por um aumento da demanda hídrica da região, com a maioria dos novos processos de outorga sendo destinados ao abastecimento público das cidades de Ouro Preto e Mariana.

Figura 3 – Gráfico de vazão média anual e quantidade de outorgas, referente às captações de água superficial.



Em relação às outorgas de água subterrânea, é observado uma maior demanda hídrica da região para a captação de águas subterrâneas, com volumes de água outorgado 100 vezes maior do que o de água superficial até o ano de 2018. Ao longo do período de análise, é observado um crescimento gradual nas vazões de captação. Entre os anos de 1999 e 2008 o crescimento foi maior, com aumento nos volumes captados nestes anos para uso significante, respectivamente, de  $0,0162\ m^3/s$  para  $0,1465\ m^3/s$ . A partir de então o volume outorgado permaneceu-se estável em uma média  $0,17893\ m^3/s$  de até o ano de 2023, quando novamente houve um novo aumento na demanda de captação.

Figura 4— Gráfico de vazão média anual e quantidade de outorgas, referente às de água subterrânea.



## CONCLUSÕES

A análise das outorgas de uso de recursos hídricos no período de 1999 a 2025, evidencia mudanças significativas na dinâmica de captação de águas superficiais e subterrâneas. A partir dos dados obtidos, foi possível identificar tendências e eventos que influenciaram diretamente a pressão sobre os recursos hídricos da região.

O crescimento expressivo no número de outorgas a partir de 2015, pode estar fortemente associado ao rompimento da barragem de Fundão, evento que alterou significativamente o cenário ambiental da bacia e consequentemente, intensificou a pressão sobre os recursos hídricos, tanto pela necessidade de ações essenciais de mitigação por parte da Samarco Mineração S.A dos danos ambientais, quanto pelo aumento da demanda para abastecimento público.

As águas subterrâneas, historicamente, apresentaram maior volume de captação, refletindo a dependência hídrica da região nesse tipo de recurso. Contudo, nos últimos anos, houve um crescimento significativo nas outorgas para captação de águas superficiais, indicando mudanças no perfil de uso e na gestão dos recursos hídricos.

Observa-se um segundo aumento relevante nas outorgas de água superficial entre 2019 e 2025, refletindo o crescimento da demanda hídrica, principalmente voltada para o abastecimento público dos municípios de Ouro Preto e Mariana. Por outro lado, as águas subterrâneas mantiveram-se, ao longo de grande parte do período analisado, demonstrando uma forte dependência regional desse tipo de recurso. Essa mudança pode indicar uma reestruturação no modelo de abastecimento, possivelmente com maior dependência dos mananciais superficiais da região.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Isabella Brito et al. Modelo hidrogeológico de fluxo do flanco oeste do Sinclinal Moeda: passado, presente e futuro do aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero–Minas Gerais, Brasil. 2023.
- DE CASTRO MAGALHÃES, Celina Cenni et al. Modelo hidrogeológico de fluxo do flanco leste do Sinclinal Moeda (Quadrilátero Ferrífero–MG): caracterização, impactos e perspectivas futuras para o Aquífero Cauê. 2023.
- ENDO I., GALBIATTI H. F., DELGADO C. E. R., OLIVEIRA M. M. F. DE, ZAPPAROLI A. DE C., MOURA L. G. B. DE, PERES G. G., OLIVEIRA A. H. DE, ZAVAGLIA G., DANDERFER Fº A., GOMES C. J. S., CARNEIRO M. A., NALINI JR. H. A., CASTRO P DE T. A., SUITA M. T. DE F., TAZAVA E., LANA C. DE C., MARTINS-NETO M. A., MARTINS M. DE S., FERREIRA Fº F. A., FRANCO A. P., ALMEIDA L. G., ROSSI D. Q., ANGELI G., MADEIRA T. J. A., PIASSA L. R. A., MARIANO D. F., CARLOS D. U.. 2019. Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000: Uma celebração do cinquentenário da obra de Dorr (1969). Ouro Preto, Departamento de Geologia da Escola de Minas – UFOP - Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero
- FIUSA, M. C. (2025). Avaliação das influências climáticas e antrópicas na disponibilidade hídrica da bacia do alto rio das Velhas: Uma análise de dados entre 1970 e 2020 (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Minas Gerais).
- MARQUES, M. M. (2025). Avaliação de Impactos na vazão da bacia hidrográfica do rio Paraopeba na porção oeste do quadrilátero ferrífero-Minas Gerais, Brasil (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Minas Gerais).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Universidade Federal de Minas Gerais, a minha família aos meus companheiros e ao meu orientador pelo desenvolvimento desta pesquisa.