

# SISTEMAS AQUÍFEROS: HIDROGEOLOGIA DA PORÇÃO NORDESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO NA REGIÃO DE ITABIRA (MG)

<sup>1</sup>José Augusto Costa Gonçalves; <sup>2</sup>Pedro Henrique Rodrigues Pereira; <sup>3</sup>Eliane Maria Vieira  
<sup>1,2,3</sup>Universidade Federal de Itajubá-Itabira (MG) Brasil. [jaucosta@unifei.edu.br](mailto:jaucosta@unifei.edu.br)

**Palavras Chaves:** Sistemas Aquíferos; Hidrogeologia; Itabira

## INTRODUÇÃO

A área de estudo corresponde à porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero (QF), e está inserida em duas sub-bacias hidrográficas, uma sendo drenada ao sul, pelo do Rio do Peixe e outra, ao norte-noroeste, pelo Rio Tanque, o primeiro tributário do Rio Piracicaba e o segundo afluente do Rio Santo Antônio, ambos pertencentes à Bacia do Rio Doce. A delimitação da área de estudo baseou-se em um conjunto de características incluindo: a representatividade geológica, as grandes reservas de minério de ferro, os grandes empreendimentos minerários, a existência de estudos realizados pelas mineradoras, a importância para o abastecimento de água do município de Itabira. Este trabalho teve como objetivo principal, uma ordenação das unidades hidrogeológicas regionais para uma proposição de sistematização dos sistemas aquíferos com base nas características das unidades lito-estruturais identificadas, de acordo com o comportamento do meio condutor de água.

## GEOLOGIA

O território é recoberto por unidades litoestratigráficas do Arqueano até o Cenozoico (Knauer, 2007; Jordt-Evangelista et al., 2016). As unidades arqueanas, representadas pelo Complexo Granito Gnáissico Migmatítico e Grupo Nova Lima, e as unidades proterozóicas são representadas pelas rochas do Supergrupo Minas, pelas rochas máficas intrusivas, e as coberturas detríticas do Cenozoico finalizando a coluna estratigráfica, Tabela 1. Os depósitos detríticos de fluxo gravitacional são os principais representantes das coberturas cenozoicas, (Neto et al., 2001). Sotopostos às coberturas detriticas cenozoicas, encontram-se às rochas do Supergrupo Espinhaço cortadas por alguns corpos intrusivos alongados na porção N-NW, constituídos por anfíbolitos, metagabros, metabasaltos e metadiabásios, (Padilha et al., 2000). As rochas do Supergrupo Espinhaço estão presentes à noroeste da área estudada, representadas pelas formações Galho do Miguel, Membro Campo Sampaio e Sopa Brumadinho (Padilha et al., 2000; Farina et al., 2015). Os quartzitos da Formação Galho do Miguel, ocorrem geralmente em bancos espessos e com megaestratificações cruzadas (Noce, 1995). Trata-se de uma sequência monótona composta exclusivamente de quartzitos que atingem de 500 a 2000 metros de espessura. Os quartzitos são puros, de granulação fina a média (Knauer, 2007). O Membro Campo Sampaio, situado na base da Formação Galho do Miguel, é constituído por sericita-quartzo xistos carbonáticos, quartzitos carbonáticos, e sericita xistos (Knauer, 2007). A Formação Sopa-Brumadinho, unidade basal do Supergrupo Espinhaço é composta de quartzitos, metaconglomerados polimíticos, quartzitos microconglomeráticos polimíticos (Knauer, 2007). Sotopostos ao Supergrupo Espinhaço encontra-se a Suíte Borrachudos, constituída por metagranitos, metasienito-granitos intrusivos, paleo-proterozóicos e distribuem-se em uma grande faixa SW-NE, (Jordt-Evangelista et al., 2016), cortando em diagonal a área do município de Itabira. O Supergrupo Minas, de idade proterozoica, sotoposto a Suíte Borrachudos é representado pelos grupos Piracicaba, Itabira e Caraça. O Grupo Piracicaba Indiviso que é restritamente exposto na região de Itabira, é constituído principalmente por quartzitos ferruginosos, quartzo-sericita xistos, mica xistos, xistos grafitosos e, esporadicamente, xistos carbonáticos, dolomitos manganésíferos e itabiritos (Renger et al., 1994). Sotoposto ao Grupo Piracicaba, o Grupo Itabira é representado pela Formação Cauê, que é composta localmente por itabirito, minério de ferro, itabirito manganésífero e, apesar da alteração, são reconhecíveis itabiritos dolomíticos, além de quartzo-muscovita xistos (Spier et al., 2007). A Formação Cauê, em grandes profundidades apresenta-se alterada em produtos friáveis, possuindo imensa propriedade armazenadora de água devido a sua natureza porosa ou fraturada (Neto et al., 2001; Mourão, 2007). O Grupo Caraça é a unidade basal do Supergrupo Minas sendo constituído pelas Formações Moeda e Batatal (Renger et al., 1994), representado por um quartzito sericítico associado a um sericita xisto no contato com a Formação Cauê (MDGEO, 1999). Sotoposto ao Grupo Caraça, o Grupo Nova Lima, de idade arqueana forma um corpo alongado e pouco espesso que vai da área urbana de Itabira e se estende para sul, sendo constituído por xistos e filitos de origem metassedimentar ou metavulcânica, dentre os quais se destacam quartzitos ferruginosos, formações ferríferas tipo Algoma, anfíbolitos, dolomitos, metachert, metaultrabásicas e raros conglomerados (Almeida, 1977). As rochas do Complexo Guanhões, sotopostas às rochas do Grupo Nova Lima são

representadas através de uma diversidade de litotipos como ortognaisses tonalíticos-trondhjemíticos-granodioríticos e graníticos, gnaisses e xistos anfibolíticos, anfibolito, xistos metapelíticos, gnaisses bandados, xistos máficos e ultramáficos, metagrauvacas, anfibolitos, quartzitos (Jordt-Evangelista et al., 2016). Na região centro-sul do município, a Sequência Gnáissica Anfibolítica, de idade arqueana, sotoposta ao Complexo Guanhães, é representada por uma alternância quase rítmica de faixas de gnaisses graníticos e de anfibolitos. O Complexo Granito Gnáissico Migmatítico, de idade arqueana, forma a base das sequências metassedimentares e metavulcânicas encontradas na região (Lana et al., 2013; Farina et al., 2015), é formado por um conjunto de granitoides gnaíssificados e migmatizados; com intercalações esparsas, de anfibolitos, quartzitos e sericita-quartzo-xistos, xistos e possíveis paragnaisses, (Peres, 2004).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Revisão bibliográfica, campanhas de campo para certificação e validação das informações analisadas, inventário e cadastramento de poços tubulares e nascentes. Os dados foram processados através do software ArcGIS®, versão 10.1.

## RESULTADOS

A definição das unidades hidrogeológicas tiveram como base as características das unidades lito-estruturais identificadas, e de acordo com o comportamento do meio condutor de água, as unidades podem ser caracterizadas como aquíferos, aquíferos ou aquícludes. Na Tabela 1 são apresentadas uma proposição e sistematização dos sistemas aquíferos e sua relação com as unidades litoestratigráficas identificadas e na Figura 1, é apresentado o mapa dos sistemas aquíferos existentes.

Tabela 1- Coluna Estratigráfica/Sistemas Aquíferos

Era	Sistemas Aquíferos (S.A.)	Unidade Litoestratigráfica	Unidade Hidrogeológica
Cenozoica	S.A. Coberturas Detríticas	Coberturas Detríticas (depósitos coluvionares com fragmentos da formação ferrífera, terraços aluviais, lateritas, cangas).	Aquífero Inconsolidado
Mesozoica	S.A. Rochas Ultrabásicas	Metabasitos (metadiabásios, metagabros, anfibolitos).	Aquíclude
Proterozoica	S.A. Galho do Miguel	Formação Galho do Miguel (quartzitos brancos, finos a grosseiros, puros com estratificações cruzadas).	Aquífero Quartzítico
	S.A. M. Campo Sampaio	Membro Campo Sampaio (quartzitos carbonáticos, cinzentos, sericita quartzitos, sericita quartzo xistos).	Aquífero Quartzítico
	S.A. Sopa Brumadinho	Formação Sopa Brumadinho (quartzitos finos a grossos micáceos, metaconglomerados, filitos, metassiltitos, xistos).	Aquífero Quartzítico
	S.A. Gnáissico-Granítico	Suíte Borrachudos (metagranitos, metassienogranitos).	Aquífero Granitoide
	S.A. Piracicaba	Grupo Piracicaba (quartzito ferruginoso, itabiritos, dolomitos).	Aquífero Quartzítico
		(xistos e micaxistos grafitosos, xistos carbonáticos; filitos)	Aquífero Xisto
S.A. Itabira	Formação Gandarela (dolomito ferro-manganesífero, xistos, micaxisto).	Aquíclude	
	Formação Cauê (itabiritos, itabiritos dolomitos com níveis manganesíferos, corpos de hematita).	Aquífero Cauê	
Arqueana	S.A. Nova Lima	Grupo Nova Lima (xistos; filitos; metabasitos)	Aquífero Xisto
		(quartzitos ferruginoso e formação ferrífera).	Aquífero em formação ferrífera
	S.A. Gnáissico-Granítico	Complexo Guanhães (gnaisses bandados, anfibolitos, xistos máficos e ultramáficos, quartzitos, quartzitos ferruginosos).	Aquífero Gnáissico-Granito
		Sequência Gnáissica Anfibolítica (gnaisses graníticos, anfibolitos).	Aquífero Gnáissico-Granito
	Complexo Granítico Gnáissico Migmatítico (granitoides).	Aquífero Gnáissico-Granito	

### Sistema Aquífero de Coberturas Detríticas

São importantes para a recarga dos sistemas aquíferos subjacentes através da infiltração das águas das chuvas e regularização das vazões dos cursos d'água. São encontrados por toda a área em formações superficiais do Cenozoico, recobrando outras unidades aquíferas, principalmente nos platôs, encostas e fundos de drenagens representados pelos terraços fluviais e aluvionares, elúvios, colúvios e manto de alteração. É caracterizado como um aquífero do tipo granular, possuindo boa capacidade de armazenamento de água subterrânea.

### Aquícludes em diabásios e metabasitos

Estas rochas intrusivas máficas (diques de diabásio) de idade cenozoica, comportam-se como barreiras hidráulicas dos aquíferos ali presentes, confinando-os em diversos compartimentos. São encontradas principalmente nas

seqüências metassedimentares e seccionam todos os sistemas aquíferos em diversas direções, compartimentando-os e alterando os fluxos subterrâneos. Uma nascente foi cadastrada com vazão de 0,14 l/s.

#### **Sistema Aquífero Galho do Miguel**

Ocorre numa pequena faixa de terreno no extremo oeste da região. São quartzitos metassedimentares de diversas idades ocorrendo de forma descontínua em corpos lineares com espessuras de até 1.000m e configuram o relevo mais elevado da região com cotas entre 800 e 2.000 metros. Os aquíferos são fraturados, descontínuos, anisotrópicos, heterogêneos e livres a confinados pelos metapelitos e xistos interestratificados.

#### **Sistema Aquífero Membro Campo Sampaio**

Ocorrem em uma pequena faixa a oeste da área, e são constituídos por sericita-quartzo xistos carbonáticos, quartzitos carbonáticos, e sericita xistos. Foram encontradas 4 nascentes com vazão média de 0,12 l/s.

#### **Sistema Aquífero Sopa Brumadinho**

Ocorrem em uma área no extremo noroeste da área de estudo. É constituído predominantemente de quartzitos metassedimentares. Os aquíferos são fraturados, descontínuos, anisotrópicos, heterogêneos e livres a confinados pelos metapelitos e xistos interestratificados. Os níveis piezométricos são relativamente rasos estando as superfícies piezométricas na base das encostas. Foram encontradas 5 nascentes com vazão média de 0,16 l/s.

#### **Sistema Aquífero Piracicaba**

Constituem o aquífero xisto e as rochas dos aquíferos quartzíticos. É constituído por metassedimentos quartzíticos (quartzitos, quartzitos ferruginosos e sericíticos) de diferentes idades e posições estratigráficas que reúnem condições de armazenamento e circulação de águas subterrâneas, as quais são mais elevadas quando associadas à estruturas rúpteis (falhas, fraturas). Ocorre de forma descontínua em corpos lineares com espessuras variadas. Estes aquíferos são fraturados, descontínuos, anisotrópicos, heterogêneos e livres podendo ser encontrados também confinados pelos metapelitos e xistos interestratificados. O valor médio de transmissividade encontrado nestas rochas em 4 poços perfurados foi de 210 m<sup>2</sup>/dia, o valor máximo de 610 m<sup>2</sup>/dia, o valor mínimo de 85 m<sup>2</sup>/dia e o coeficiente de armazenamento variando entre 10<sup>-2</sup> e 10<sup>-5</sup> (MDGEO, 1999). Os valores de porosidade efetiva variaram de 2% a 5%. Os valor máximo de condutividade hidráulica de 2,10 m/dia, valor mínimo de 0,02 m/dia e valor médio de 1,05 m/dia.

#### **Sistema Aquífero Itabira**

É constituído pelas rochas das formações Gandarela e Cauê, com unidades hidrogeológicas homônimas. O Aquífero Gandarela, ocorre muito pouco na área estudada e tem um comportamento hidrogeológico indistinto. O Aquífero Cauê quantitativamente é o principal aquífero da área estudada, bem como de todo Quadrilátero Ferrífero e é constituído pelas hematitas e itabiritos da Formação Cauê. Este aquífero tem características de dupla porosidade, pois tem características hidrodinâmicas de aquífero granular, possuindo predominantemente uma porosidade intergranular, em consequência da grande presença dos corpos de itabiritos friáveis, hematitas moles e pulverulentas, conferindo ao maciço rochoso uma elevada condutividade hidráulica. Os valores médios de transmissividade encontrados nos itabiritos e formações ferríferas em 30 poços perfurados onde foram realizados testes de aquíferos com ensaios piezométricos perpendiculares a foliação das rochas foram de 162,5 m<sup>2</sup>/dia e coeficiente de armazenamento de 0,0009, entretanto com ensaios paralelos a foliação os valores médios encontrados foram de 342 m<sup>2</sup>/dia para transmissividade e 0,0167 para o coeficiente de armazenamento, (MDGEO, 1999). Os valores de porosidade efetiva variaram de 2% a 5%. Os valor máximo de condutividade hidráulica de 4,50 m/dia, valor mínimo de 0,15 m/dia e valor médio de m/dia. Este aquífero em geral é do tipo livre, às vezes confinado, em decorrência da conformação estratigráfica com dobramentos e falhamentos transcorrentes e de empurrão. São descontínuos fracamente heterogêneo e pouco anisotrópico em áreas de predominância de itabiritos friáveis, entretanto fortemente heterogêneos e anisotrópicos em regiões de intercalações com hematitas compactas.

#### **Sistema Aquífero Caraça**

O sistema aquífero Caraça subdivide-se em aquíferos de quartzitos e aquíferos de filitos. Devido a sua pequena ocorrência, é considerado em termos hidrogeológicos como presença insignificante na área de estudo.

#### **Sistema Aquífero Nova Lima**

É composto pelas rochas xistosas que formam o aquífero xisto e as rochas quartzíticas ferruginosas que formam os aquíferos das formações ferríferas. Estes aquíferos, podem ser encontrados em zonas de xisto são, não meteorizado e nos interstícios do xisto intemperizado. O primeiro é considerado um sistema fraturado, descontínuo, anisotrópico, heterogêneo, geralmente livre, às vezes confinado. Este tipo de aquífero possui reduzida capacidade de armazenamento e circulação de água subterrânea. O segundo ocorre no manto de alteração de rocha xistosa e pelítica,

possuindo de um modo geral baixos valores de permeabilidade e porosidade. Os exutórios naturais são nascentes pontuais ou difusas, em áreas de brejos, ao longo dos vales. Foram encontradas 8 nascentes com vazão de 0,12 l/s.

### Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico

Ocupa 80% da área estudada. São aquíferos descontínuos, anisotrópicos, heterogêneos, fraturados e livres a semiconfinados pela rocha alterada. Estes aquíferos apresentam dupla porosidade, com circulação e armazenamento da água subterrânea em discontinuidades provocadas pelo fraturamento das rochas (porosidade de fraturas) e nos interstícios do manto de alteração (porosidade intersticial). Nestes aquíferos a porosidade de fraturas apresenta maior permeabilidade e a porosidade de interstícios maior capacidade de armazenamento das águas subterrâneas. Devido aos grandes índices pluviométricos locais e a existência de um espesso regolito, a recarga subterrânea é potencializada. Foram encontradas 72 nascentes nestes terrenos com vazão média de 0,13 l/s. Os valores de transmissividade obtidos para 11 poços perfurados nestes aquíferos variaram de 0,10 a 12,00 m<sup>2</sup>/dia, com média de 3,99 m<sup>2</sup>/dia e mediana de 2,20 m<sup>2</sup>/dia. Os valores de condutividade variaram de 0,01 a 0,04 m/dia, com média de 0,02 m/dia.

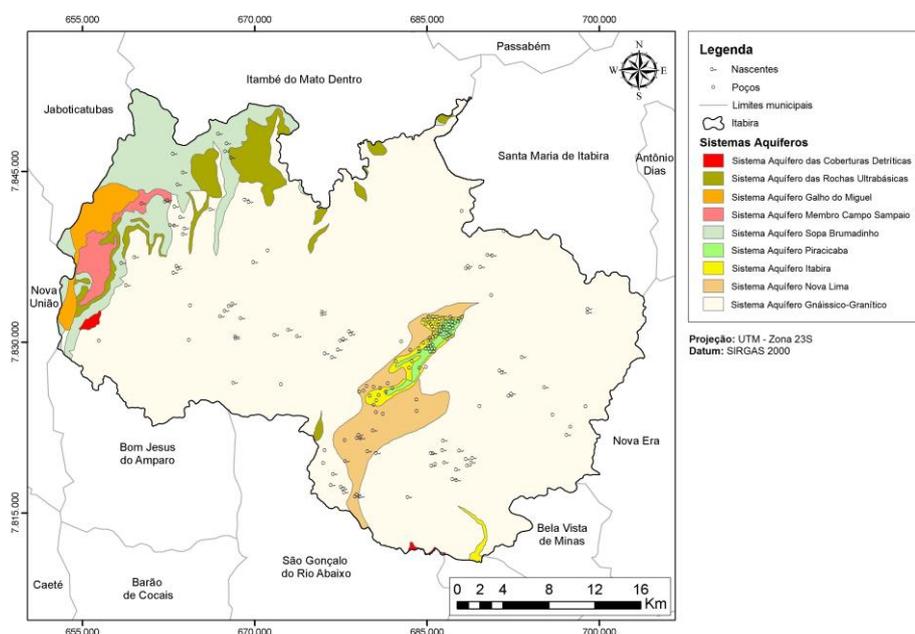


Figura 1 – Mapa dos Sistemas Aquíferos

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.F.M. O Cráton de São Francisco. Rev. Bras. Geociencias. n.7, vol. 4, p. 349-364. 1977.
- Farina, F.; Albert, C.; Martinez Dopico, C.; Aguilar Gil, C.; Moreira, H.; Hippert, J.F.M.; Cutts, K.; Alkmim, F.F.; Lana, C. The Archean-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Brasil): current models and open questions. Journal of South American Earth Sciences, vol.12, p.119-123. 2015
- Jordt-Evangelista, H., Lana, C.; Delgado, C. E. R.; Viana, D. J. Age of the emerald mineralization from the Itabira-Nova Era District, Minas Gerais, Brazil, based on LA-ICP-MS geochronology of cogenetic titanite Brazilian Journal of Geology, n.46 vol.3, p.427-437. 2016.
- Knauer, L.G. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. Geonomos n.15 vol.1, p.81 - 90. 2007.
- Lana, C.; Alkmim, F.; Armstrong, R.; Scholz, R.; Romano, R.; Nalini, H. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. Precambrian Research. vol.230, p.1-30. 2013.
- MDGEO, Serviços de Hidrogeologia Ltda. Modelo Hidrogeológico do Distrito Ferrífero de Itabira – Volume I a IV: Definição do Modelo Hidrogeológico Regional. Relatório Técnico -CVRD-ITA-007/99, Belo Horizonte. 1999.
- Mourão, M. A. A. Caracterização hidrogeológica do aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 297 P. 2007.
- Neto, A. F. S.; Bertachini, A. C.; Girodo, A. C.; Almeida, D. C.; Hidrogeological Model of the Itabira iron ore district. IMWA - International Mine Water Association Symposium, Belo Horizonte, Brazil. 2001.
- Padilha A.V., Vieira V.S., Bruno E.M. Carta Geológica, Carta Metalogenética/Previsional - Escala 1:100.000 (Folha SE.23-Z-D-IV Itabira) Estado de Minas Gerais. Brasília, DNPM/CPRM. 2000.
- Peres, G.G., Alkmim, F.F., Jordt-Evangelista, H. The Southern Araçuaí Belt and the Dom Silvério Group: geologic architecture and tectonic significance. Anais da Academia Brasileira de Ciências, n.76, vol.4, p.771-790. 2004.
- Renger, F.E., Noce, C.M., Romano, A.W., Machado, N. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Geonomos n.2, vol. 1, p.1-11. 1994.
- Spier, C.S., Oliveira, S.M.B., Sial, A.N., Rios, F. J. Geochemistry and genesis of the banded iron formations of the Cauê Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Precambrian Research n.152, p.170-206. 2007.