Capítulo 2

Características naturais e uso da terra

Daniel Pereira Guimarães
Elena Charlotte Landau

O meio ambiente representa a fonte de recursos para a sobrevivência de todos os seres vivos. Características físico-ambientais incluindo recursos naturais e aspectos decorrentes do uso da terra permitem avaliar o grau de conservação natural e padrões territoriais de uso antrópico da área de interesse. O meio físico condiciona o uso e a ocupação de terras, representando potencialidade e limitações às diversas possibilidades de desenvolvimento econômico local, principalmente nas áreas rurais. Neste capítulo são apresentadas características naturais e de uso da terra, englobando geologia, geomorfologia, relevo, clima, solos, dinâmica da água no solo, bioma, vegetação natural e padrões de cobertura vegetal, e uso da terra no âmbito da Bacia hidrográfica do Rio das Velhas.

2.1. Geologia

Geologia aborda o estudo da estrutura e evolução do globo terrestre, incluindo os processos que ocorrem no interior e na superfície da Terra. De acordo com Noce e Renger (2005), o substrato geológico da bacia é bastante diversificado, embora essencialmente de idade pré-cambriana (542 milhões de anos ou mais) (Figura 1). Na bacia podem ser identificados três grandes domínios geológicos. No Alto Curso do Rio das Velhas, entre suas cabeceiras e a região de Santa Luzia, situa-se no Domínio do Quadrilátero Ferrífero, que compreende as unidades geológicas mais antigas e de evolução mais complexa da bacia, datadas dos períodos Arqueano[1] e Proterozoico[2]. Nas áreas a jusante, na margem esquerda, situa-se o Grupo Bambuí, que representa uma extensa bacia sedimentar; enquanto na margem direita, as cabeceiras dos rios localizam-se no

[1] Arqueano: entre 3,85 e 2,5 bilhões de anos atrás, quando ocorreu a formação das primeiras rochas da Terra (Schobbenhaus; Neves, 2003; Branco, 2016; Atlas..., 2021).
[2] Proterozoico: entre 2,5 bilhões e 542 milhões de anos atrás, considerada fase de transição, em que o oxigênio se acumulou na litosfera, formando óxidos, entre os quais principalmente de silício e ferro (Schobbenhaus; Neves, 2003; Branco, 2016; Atlas..., 2021).

Domínio Geológico representado pela Serra do Espinhaço Meridional, na qual predominam rochas metamórficas de origem sedimentar, quatzitos e filitos pertencentes ao Subgrupo Espinhaço, depositados durante o final do Paleoproterozoico[3] e Mesoproterozoico[4]. Essa mesma unidade é encontrada também na Serra do Cabral, no extremo norte da área da bacia (Noce; Renger, 2005).

Na Figura 1 também podem ser observados os principais lineamentos estruturais na área da bacia. Os lineamentos longos correspondem à quebra de relevo negativa, representando prováveis manifestações rúpteis (fraturas e falhas), enquanto os lineamentos curtos representam quebras de relevo positivo, típicas de manifestações de estruturas dúcteis (foliações).

[3] Paleoproterozoico: era do éon Proterozoico abrangendo de 2,5 a 1,6 bilhões de anos atrás, quando surgiram os primeiros seres eucariontes e os pluricelulares (Schobbenhaus; Neves, 2003; Branco, 2016; Atlas..., 2021).

[4] Mesoproterozoico: era do éon Proterozoico compreendida aproximadamente entre 1.600 e 1.000 anos atrás, caracterizada pela ocorrência de extensas faixas de rochas metamórficas separando blocos estáveis mais velhos (Schobbenhaus; Neves, 2003; Branco, 2016; Atlas..., 2021).

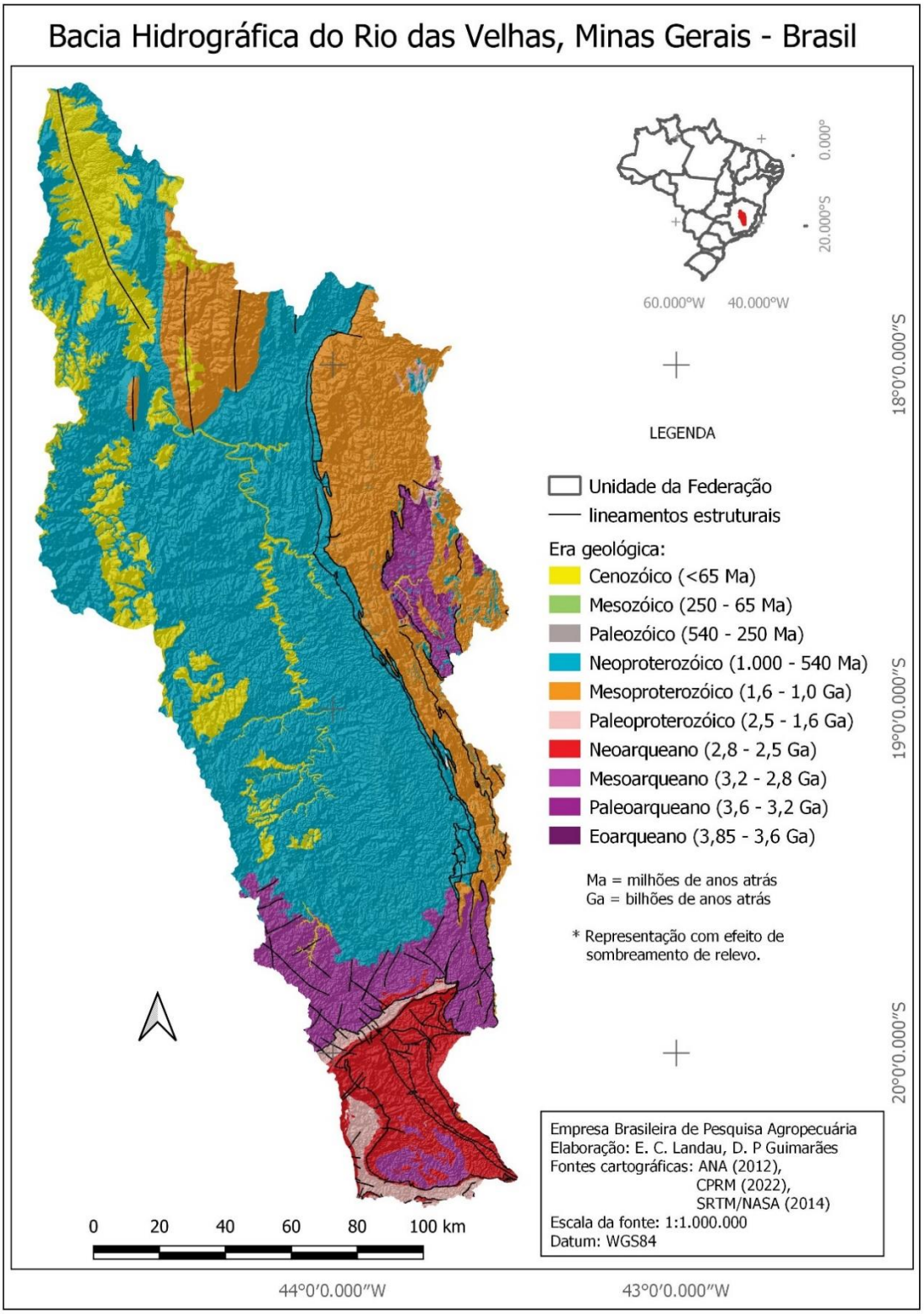

Figura 1. Eras geológicas na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, MG, Brasil. Legenda definida com base nas cores adotadas no mapa de eras geológicas do Brasil apresentado por Schobbenhaus e Neves (2003, p. 27).
Elaborado por: Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey (2014), IBGE (2020), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2022).

2.2. Geomorfologia

O mapeamento geomorfológico possibilita o entendimento do modelado terrestre, contribuindo principalmente para a compreensão da paisagem, a visualização dos compartimentos do relevo e a identificação de áreas de estocagem de sedimentos. As principais unidades são representadas por planaltos, planícies e depressões. Para o mapeamento das características geomorfológicas da bacia foi considerado o arquivo vetorial disponibilizado pelo IBGE (2021), escala 1:250.000, com maior detalhamento sobre as categorias identificadas, apresentado em IBGE (2009).

A categoria de modelado geomorfológico predominante na área da Bacia do Rio das Velhas é a “homogênea convexa” (38,67% da área), seguida pelo “pediplano retocado inumado” (27,32%), “estrutural convexa” (13,48%), “homogênea tabular” (4,56%), “pediplano retocado desnudado” (2,93%), “carste descoberto” (2,92%), “estrutural tabular” (2,91%), “estrutural aguçada” (2,37%) e “pediplano degradado inumado” (2,23%)[5] (Figura 2). A categoria “homogênea convexa” predomina nos dois terços superiores da bacia, enquanto no terço inferior a categoria mais frequente é o “pediplano retocado inumado”. As categorias “estrutural convexa”, “pediplano retocado desnudado”, “pediplano degradado inumado”, “estrutural tabular” e “estrutural aguçada” predominam nas áreas de maior altitude e/ou declividade da bacia (topos e encostas). A categoria “carste descoberto” ocupa área considerável de mais da metade da área dos municípios de Confins, Funilândia, Lagoa Santa, Matozinhos, Pedro Leopoldo, Prudente de Morais, São José da Lapa, Sete Lagoas e Vespasiano. A “homogênea tabular” é encontrada principalmente nos municípios de Augusto de Lima, Baldim, Cordisburgo e Jaboticatubas; enquanto a “homogênea aguçada” foi observada principalmente nos municípios de Jaboticatubas e Taquaraçu de Minas.

5 Maior detalhamento sobre as categorias geomorfológicas citadas é apresentado em IBGE (2009). Mapas apresentando maior detalhamento sobre aspectos geoquímicos no âmbito da bacia foram publicados por Viglio e Cunha (2010).

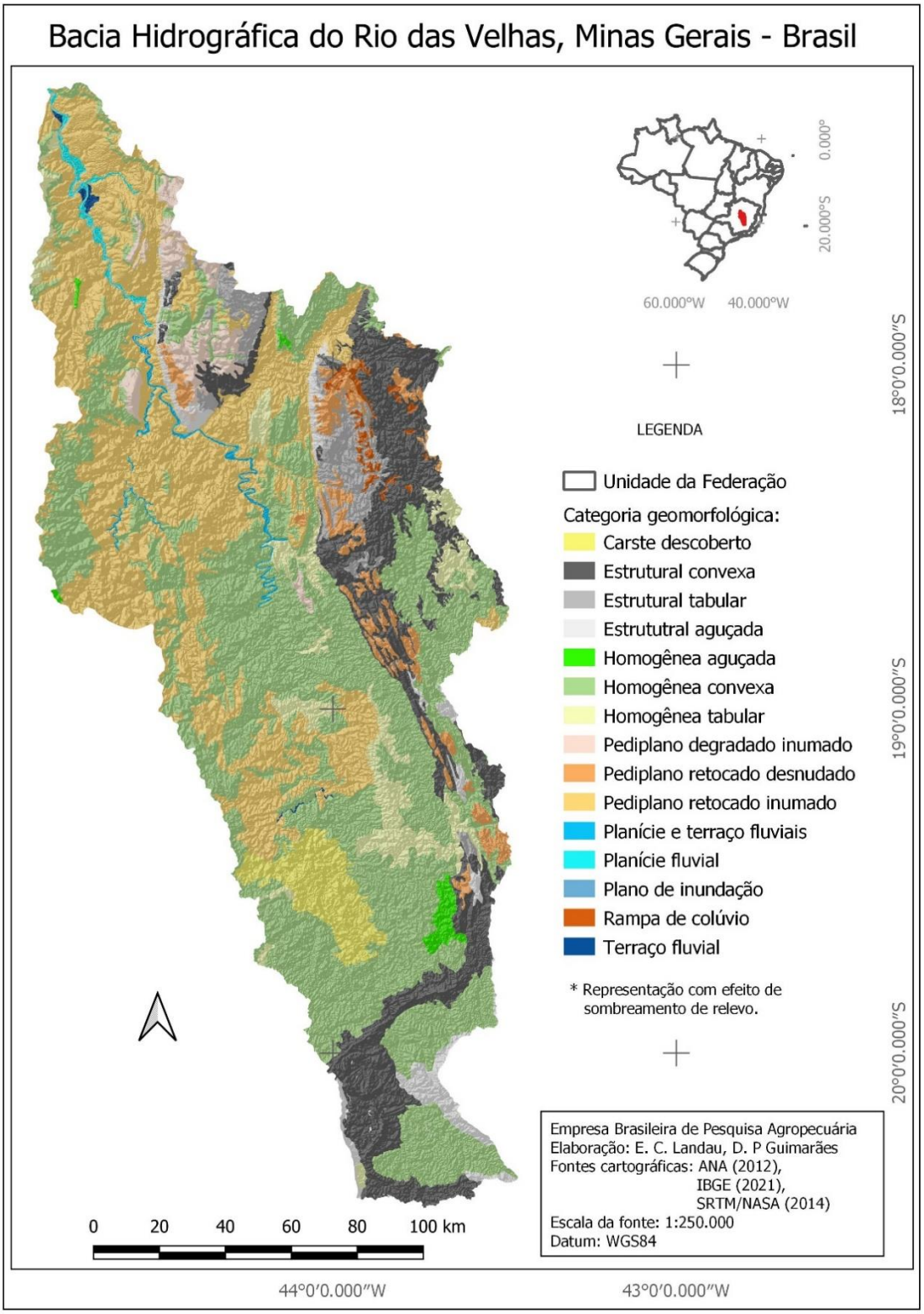

Figura 2. Modelado geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.
Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), IBGE (2009, 2021).

2.3. Relevo

A caracterização do relevo foi baseada no modelo digital de elevação obtido pelo satélite SRTM (United States Geological Survey, 2014), com resolução de 30 metros (um arco-segundo). Foram gerados mapas de elevação, declividade e ângulo de orientação da vertente (ou exposição solar)[6], conforme metodologia descrita em Guimarães et al. (2008).

As altitudes na bacia variam entre 1.738,5 m e 477,2 m, resultando em uma amplitude altimétrica em torno de 1.260 m (Figura 3). As áreas mais elevadas da bacia correspondem aos interflúvios com as bacias dos Rios Paraopeba, a sudoeste; Verde Grande, ao norte; e Jequitinhonha, a nordeste. Já aquelas com menores altitudes ocorrem próximo à foz do Rio das Velhas no Rio São Francisco.

No norte e centro-oeste da bacia, próximo ao leito dos principais rios da bacia, predominam áreas com relevo relativamente plano, com até 8% de declividade (Figura 4). Já no sul e leste da bacia destacam-se áreas com relevo ondulado a fortemente ondulado (declividade > 20%), sendo que essas áreas mais declivosas coincidem com as de maior altitude e proximidade de nascentes, onde há afloramentos rochosos e predominância de vegetação natural representada em grande parte por campos de altitude. De acordo com Ramalho Filho e Beek (1995), do ponto de vista de declividade, áreas com até 3% de inclinação não apresentam restrições para a agricultura. As áreas entre 3% e 8% de declividade podem ser indicadas para o plantio de culturas anuais, com o uso de práticas simples de conservação do solo e permitindo o emprego de mecanização agrícola. Já terrenos com declividades entre 8% e 13% só permitem um uso agrícola mais restrito, requerendo a aplicação de práticas mais modernas de conservação e manejo do solo, podendo ser destinadas para a manutenção de pastagens, reflorestamento ou conservação da vegetação natural. Em algumas áreas é possível o uso de maquinário agrícola, porém apresentam restrições relacionadas com a declividade. As áreas com declividade acima de 13% são mais suscetíveis a erosão laminar, e consequente escoamento superficial das

6 Variáveis geomorfométricas locais derivadas da altimetria.

águas da chuva e desgaste do solo, não sendo aptas para o uso de mecanização agrícola e oferecendo maiores restrições de uso.

Na maior parte da bacia, ocorre variação considerável de orientação das vertentes (Figura 5), com consequente variação diária e anual da incidência dos raios solares. Na maior parte do ano, as vertentes voltadas para o norte são as mais ensolaradas. As voltadas para o leste e nordeste recebem maior incidência solar no período da manhã, e as voltadas para o oeste e noroeste, no período da tarde. Já entre aproximadamente meados de novembro e meados de janeiro as vertentes mais ensolaradas são as voltadas para o sudeste, sul e sudoeste. Essa maior insolação das vertentes de acordo com a sua orientação é mais evidente naquelas com maior declividade do terreno.

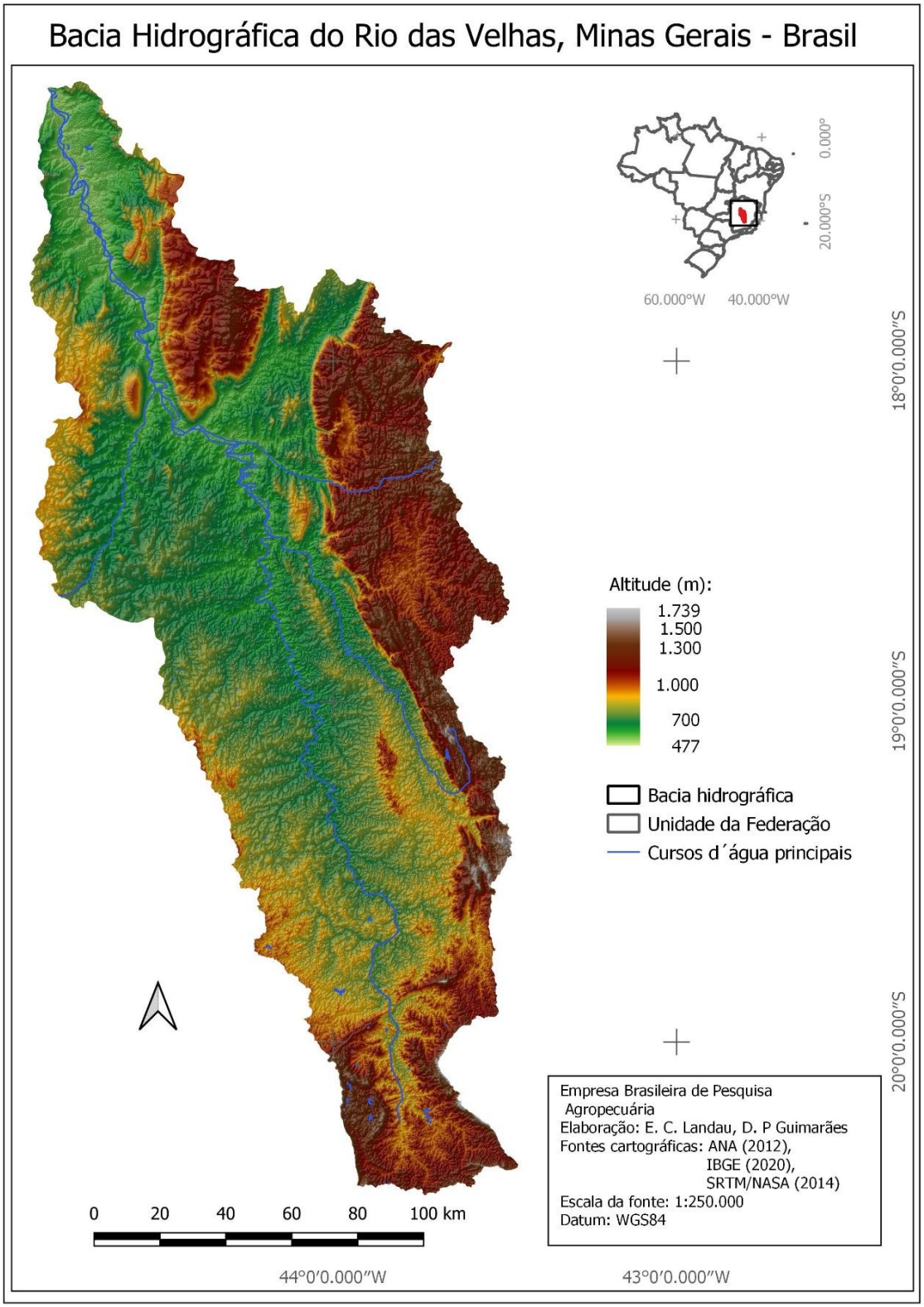

Figura 3. Variação altitudinal na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil, incluindo efeito de sombreamento do relevo.
Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey (2014), IBGE (2019, 2020).

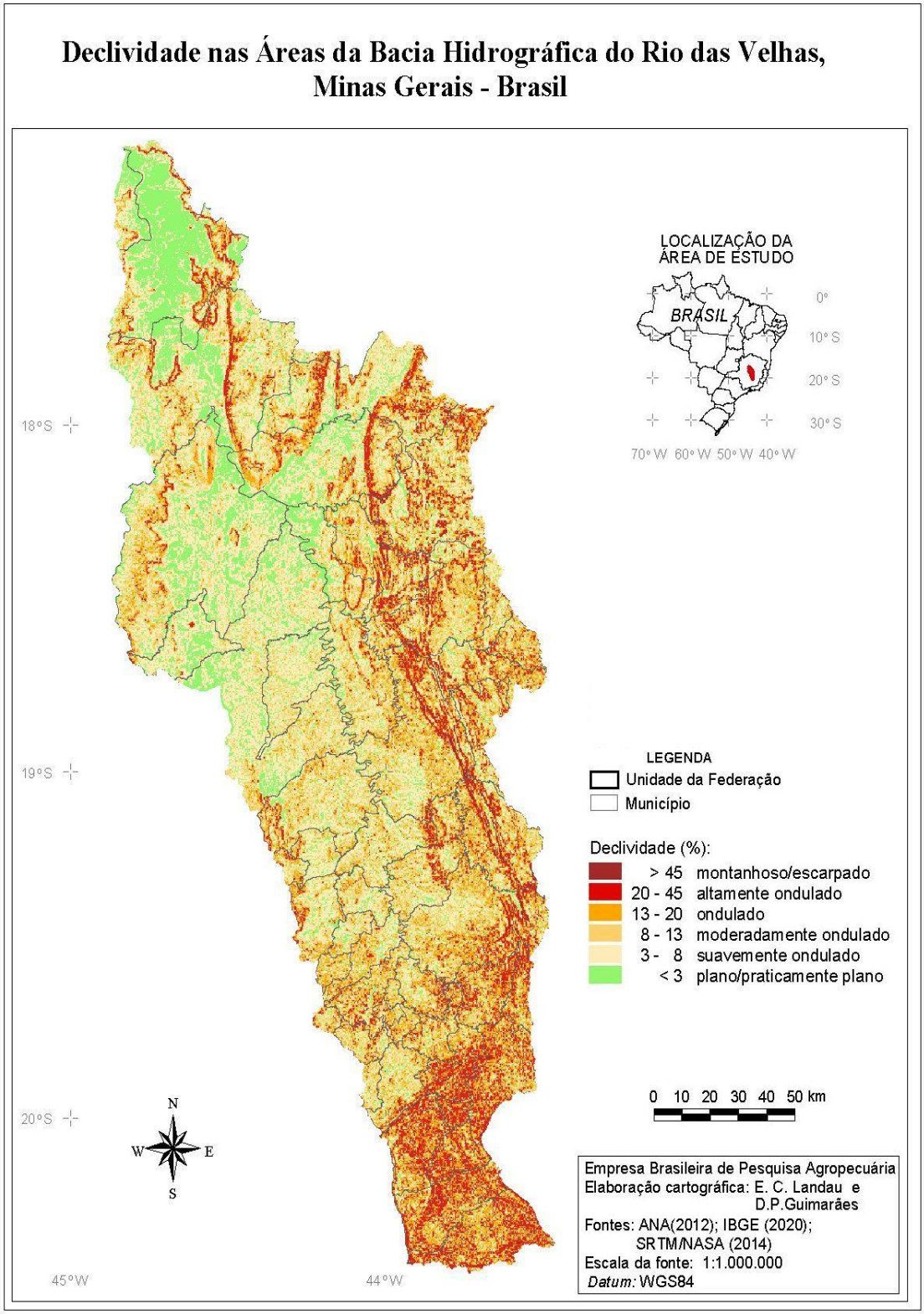

Figura 4. Variação da declividade na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.

Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey *(*2014), IBGE (2020).

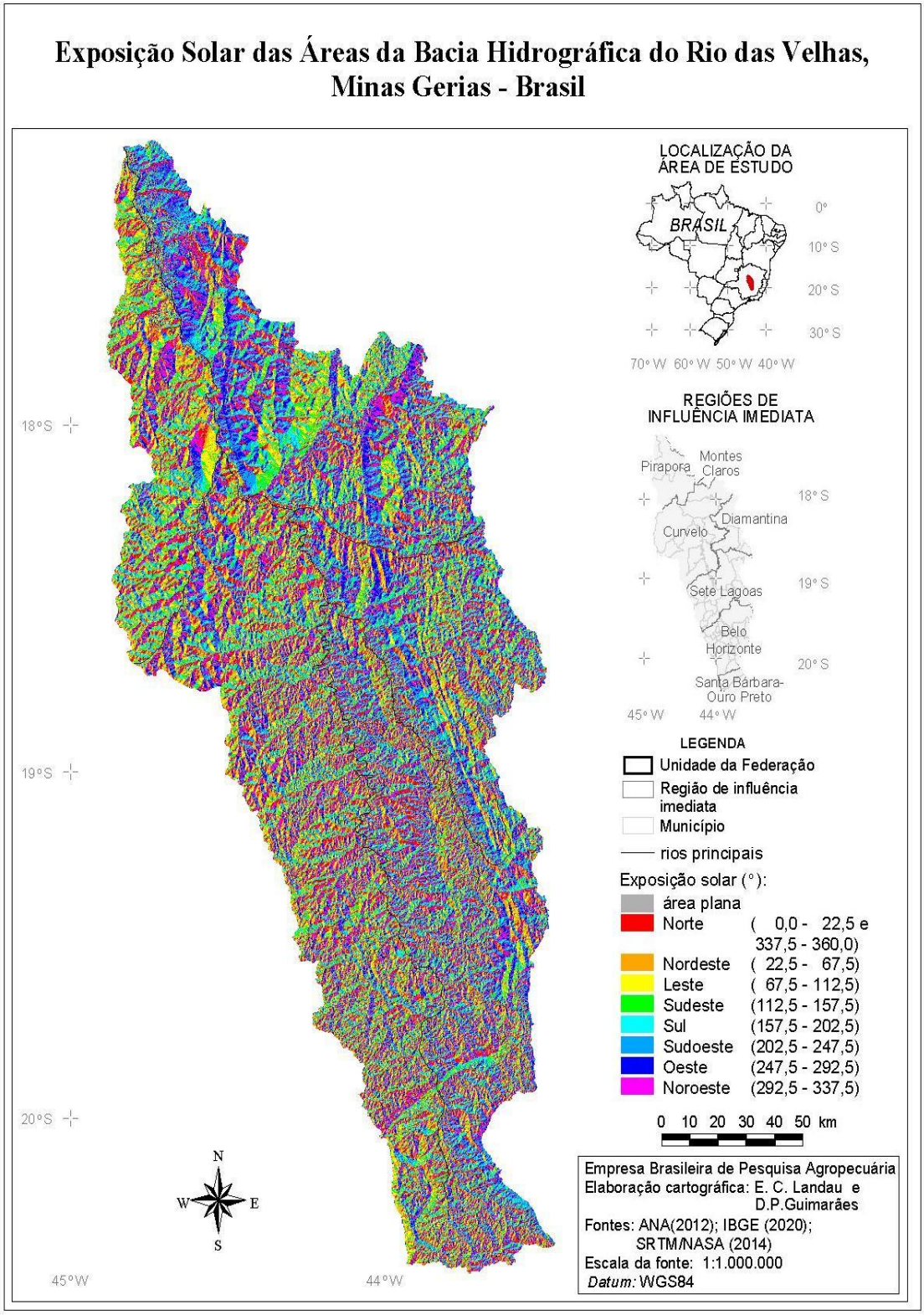

Figura 5. Ângulos de orientação solar das vertentes da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.
Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey *(*2014), IBGE (2020).

2.4. Clima

a) Tipos climáticos conforme Köppen

De acordo com a classificação de Köppen, Álvares et al. (2013) identificaram três tipos climáticos distintos para a área da Bacia hidrográfica do Rio das Velhas:

Aw: clima tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso, e temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C;

Cwa: clima subtropical, com inverno seco (temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C) e verão chuvoso e quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C);

Cwb: clima subtropical de altitude, com inverno seco (temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C) e verão chuvoso e ameno (temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C).

O clima do tipo **Aw** ocorre nas áreas de menor altitude, mais próximas à desembocadura do Rio das Velhas no São Francisco; o de tipo **Cwa** predomina na porção média da bacia; e o do tipo **Cwb**, nas áreas de maior altitude da bacia (Figura 6).

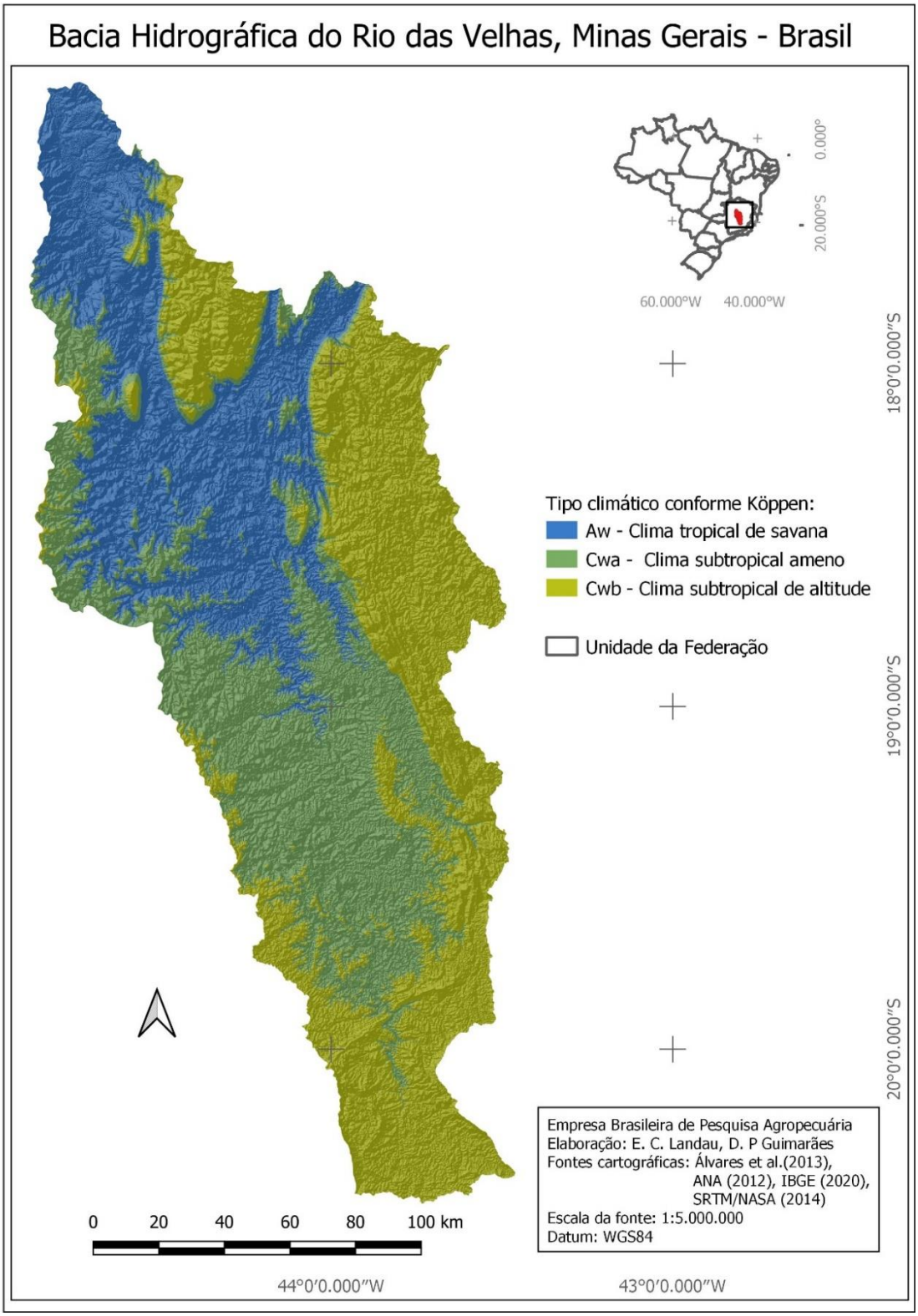

Figura 6. Classificação climática conforme Köppen da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil, incluindo efeito de sombreamento do relevo. A atribuição de cores por tipo climático foi baseada em Álvares et al. (2013).

Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), Álvares et al. (2013), United States Geological Survey (2014), IBGE (2019, 2020).

b) Normais Climatológicas

Nas Tabelas 1 a 5 são apresentadas normais climatológicas mensais e anuais de estações meteorológicas da região, obtidas a partir da análise de séries históricas de dados de 1960 a 2020 (Instituto Nacional de Meteorologia, 2021a). A precipitação média anual variou entre 1.094,3 mm e 1.542,8 mm, ocorrendo chuvas concentradas principalmente entre os meses de outubro e março. A região apresenta temperaturas médias variando entre 21,3 °C e 22,8 °C, com temperaturas máximas médias entre 27,1 °C e 30,4 °C, e mínimas médias entre 15,9 °C e 17,3 °C. As temperaturas médias mais baixas são observadas nos meses de junho a agosto. Os meses de agosto e setembro apresentam umidade relativa média inferior a 60%, coincidindo com os últimos meses de estiagem sazonal.

Tabela 1. Normais climatológicas 1960-2020 de precipitação pluviométrica (mm).

Estação meteorológica	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Belo Horizonte	310,0	184,8	176,7	72,0	27,9	9,0	12,4	12,4	45,0	124,0	240,0	328,6	1.542,8
Curvelo	207,7	123,2	130,2	45,0	21,7	3,0	6,2	9,3	21,0	96,1	186,0	244,9	1.094,3
Sete Lagoas	260,4	159,6	145,7	54,0	27,9	6,9	9,3	9,3	33,0	105,4	219,0	294,5	1.324,1

Tabela 2. Normais climatológicas 1960-2020 de temperatura média (ºC).

Estação meteorológica	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Belo Horizonte	23,2	23,6	23,2	22,1	20,1	19,0	18,7	20,1	21,4	22,3	22,4	22,7	21,6
Curvelo	24,4	24,9	24,5	23,4	21,1	19,7	19,5	21,1	23,1	24,3	23,9	24,0	22,8
Sete Lagoas	23,1	23,3	22,9	21,6	19,2	18,1	18,0	19,6	21,5	22,6	22,6	22,8	21,3

Tabela 3. Normais climatológicas 1960-2020 de temperatura máxima (ºC).

Estação meteorológica	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Belo Horizonte	28,4	28,9	28,5	27,5	25,8	24,9	24,7	26,3	27,5	27,9	27,5	27,7	27,1
Curvelo	30,9	31,9	31,5	30,8	29,1	28,3	28,2	29,9	31,4	31,6	30,4	30,2	30,4
Sete Lagoas	29,4	29,9	29,7	28,7	27,0	26,4	26,4	28,2	29,4	29,6	28,7	28,6	28,5

Tabela 4. Normais climatológicas 1960-2020 de temperatura mínima (ºC).

Estação meteorológica	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Belo Horizonte	19,3	19,5	19,2	17,9	15,7	14,3	14,0	15,1	16,7	18,0	18,4	18,9	17,3
Curvelo	19,4	19,4	18,9	17,3	14,5	12,4	11,9	13,2	15,8	18,4	18,9	19,4	16,6
Sete Lagoas	18,5	18,4	18,1	16,4	13,6	12,0	11,6	12,8	15,3	17,3	18,0	18,4	15,9

Tabela 5. Normais climatológicas 1960-2020 de umidade relativa do ar (%).

Estação meteorológica	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Belo Horizonte	73,1	70,6	71,5	69,7	67,9	66,5	63,2	58,1	59,9	65,4	71,5	74,9	67,6
Curvelo	73,3	70,7	72,2	71,0	68,9	67,5	63,9	58,4	57,3	64,0	71,9	75,7	67,9
Sete Lagoas	75,1	73,2	74,4	72,9	71,0	68,5	64,0	57,5	57,4	64,0	72,7	76,3	68,9

c) Direção predominante dos ventos

O estudo da direção predominante do vento permite subsidiar a alocação de estruturas físicas (construções), dimensionamento de barreiras quebra-ventos, tendência de deslocamentos de gases poluentes, orientação de fontes de captação de energia eólica, etc. A análise da direção dos ventos considerou a ocorrência de rajadas com velocidades acima de 10 km/h, a partir da análise de séries históricas horárias de três estações meteorológicas automáticas do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia, 2021b). Os dados foram expressos em termos percentuais de ocorrência. Observa-se direção do vento predominantemente norte nas estações meteorológicas da Pampulha (Belo Horizonte-MG) e de Curvelo, sendo o vento predominantemente noroeste em Sete Lagoas (Figura 7).

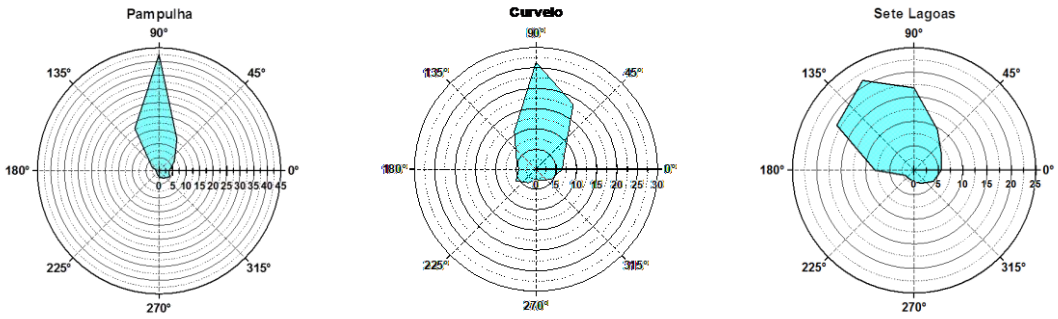

Figura 7. Direção predominante dos ventos nas estações meteorológicas automáticas instaladas na bacia hidrográfica do Rio das Velhas-Minas Gerais.
Elaborado por Daniel Pereira Guimarães. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2021b).

d) Variação geográfica da precipitação pluviométrica

A distribuição das chuvas na Bacia hidrográfica do Rio das Velhas foi gerada a partir das bases diárias CHIRPS - *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (University of California, 2021) em razão da base de dados consistida, validada e combinada com informações de satélite com as bases de observações terrestres. A resolução espacial de aproximadamente 5 km (0,05 *arc degrees*) permite uma melhor avaliação da variabilidade das precipitações, como as causadas pelos impactos do relevo. Observa-se tanto variação espacial quanto sazonal da precipitação na bacia, sendo observado um gradiente decrescente de precipitação entre as cabeceiras e desembocadura dos rios da bacia (das áreas

de maior para as de menor altitude). Os maiores índices pluviométricos concentram-se principalmente nos meses de novembro a janeiro, e os menores, entre junho e agosto (Figuras 8 e 9).

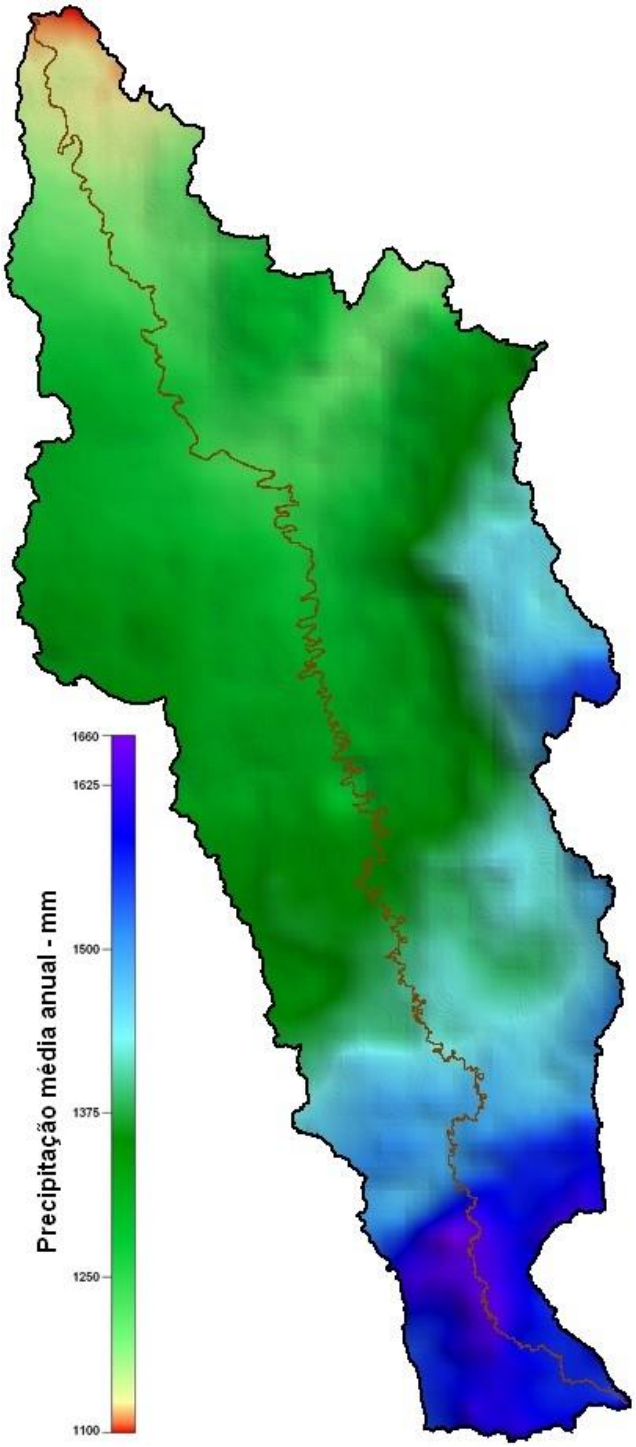

Figura 8. Precipitação média anual na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.
Elaborado por Daniel Pereira Guimarães. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), University of California (2021).

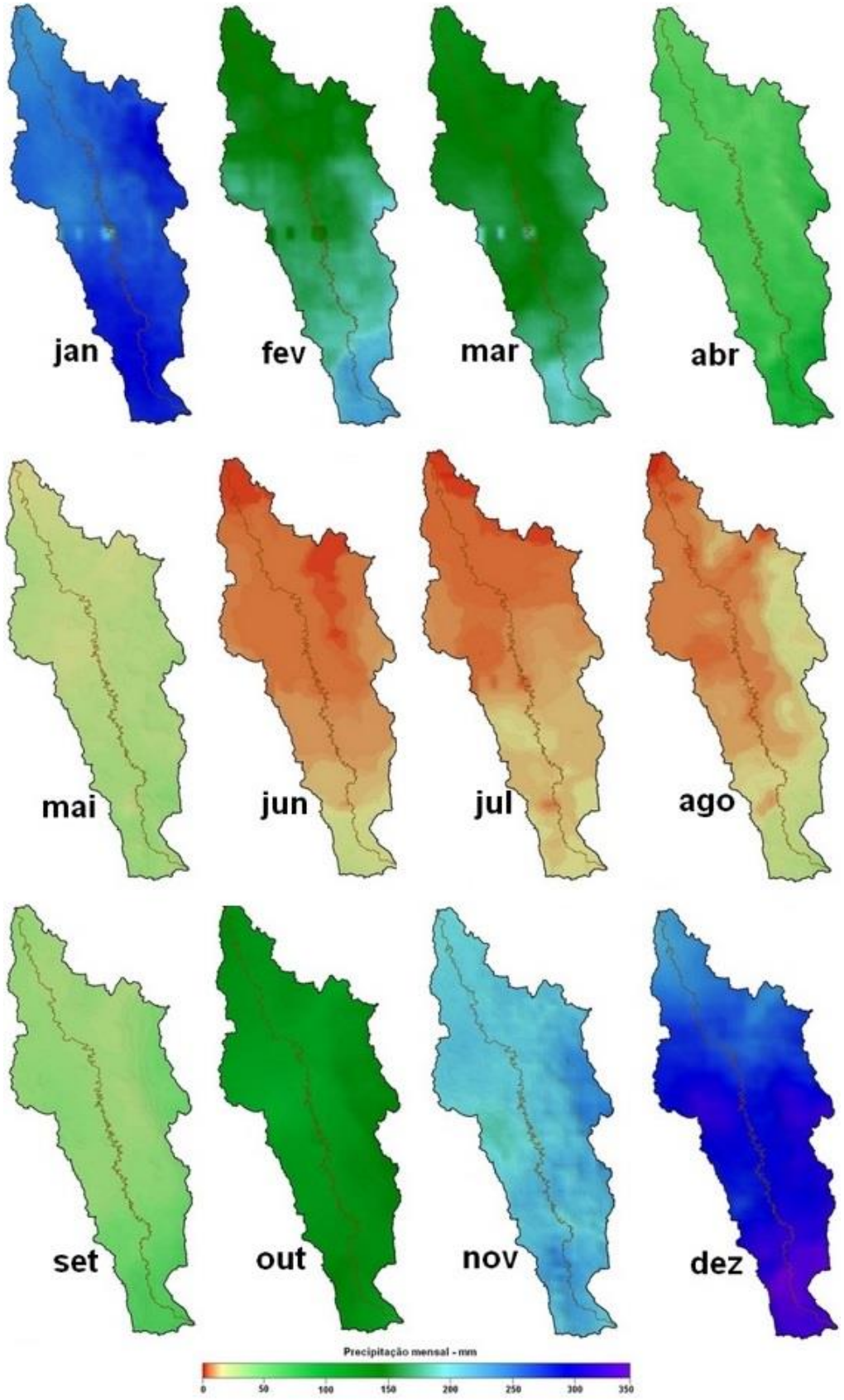

Figura 9. Precipitação média mensal na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.
Elaborado por Daniel Pereira Guimarães. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), University of California (2021).

e) Eventos meteorológicos extremos

Eventos meteorológicos extremos podem apresentar-se de diversas formas, como na ocorrência de enchentes, secas prolongadas, ondas de calor ou de frio, tufões. O conhecimento de eventos meteorológicos extremos registrados numa região contribui para o planejamento e a prevenção de possíveis impactos no ambiente, na saúde e nos bens da população. A partir de séries temporais de dados disponibilizadas pelo Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia, 2021a, 2021b) para cada mês do ano foram obtidos os valores máximos diários e horários registrados em termos de precipitação, valores extremos de temperatura, valores mínimos de umidade relativa e velocidades máximas registradas de rajadas de vento.

As maiores precipitações diárias observadas em Belo Horizonte foram registradas no mês de fevereiro (164,2 mm); e em Curvelo e Sete Lagoas, no mês de janeiro (152,0 mm e 152,9 mm, respectivamente) (Tabela 6). As maiores precipitações horárias em Belo Horizonte e Curvelo foram registradas no mês de novembro (57,2 mm e 70,4 mm, respectivamente), em Ibirité, no mês de dezembro (57,6 mm), e em Sete Lagoas, no mês de março (52,0 mm) (Tabela 7). As temperaturas mais altas registradas em Belo Horizonte ocorreram em janeiro (35,4 °C); em Curvelo no mês de fevereiro (39,0 °C), e em Sete Lagoas, no mês de outubro (38,7 °C) (Tabela 8). Por outro lado, as temperaturas mínimas absolutas registradas em Belo Horizonte e Sete Lagoas ocorreram no mês de junho (3,1 °C e 2,4 °C, respectivamente), e em Curvelo, no mês de julho (3,0 °C) (Tabela 9). Os menores valores de umidade relativa em Belo Horizonte foram registrados em agosto, setembro e outubro (12%); em Sete Lagoas em agosto (10%); e em Curvelo e Ibirité, no mês de outubro (10% e 8%, respectivamente) (Tabela 10). As maiores rajadas de vento em Belo Horizonte e Curvelo foram registradas em fevereiro (25,0 km/h e 23,8 km/h, respectivamente), enquanto nas estações meteorológicas de Ibirité e Sete Lagoas foram observadas em outubro (24,7 km/h e 22,4 km/h, respectivamente) (Tabela 11). Outubro é um mês em que têm sido registradas rajadas acima de 22 km/h nessas quatro estações da bacia, o que provavelmente está relacionado com o retorno à época de chuvas na região.

Como todas as estações meteorológicas automáticas do País foram instaladas a partir do ano 2000, tendo em vista a curta duração das séries temporais das estações automáticas (estudos relativos a UR%, ventos, etc.), optou-se por não fazer inferências sobre mudanças climáticas.

Tabela 6. Máxima precipitação diária registrada entre 1960 e 2021 (mm).

Mês	Data	Belo Horizonte	Data	Curvelo	Data	Sete Lagoas
jan	04/01/1997	147,4	26/01/1979	152	23/01/1977	152,9
fev	14/02/1978	164,2	08/02/2015	100,6	14/02/1978	143,4
mar	05/03/1989	109,6	01/03/2010	119,8	07/03/1994	104,4
abr	06/04/1968	68,4	22/04/1997	61	08/04/2007	71,8
mai	30/05/1979	64,3	30/05/1979	73,4	30/05/1979	77
jun	19/06/1971	37,3	06/06/1997	35	06/06/1997	26
jul	13/07/1972	27,1	13/07/1972	55,8	13/07/1972	43,9
ago	18/08/1990	35,5	12/08/1996	48	18/08/1981	36,1
set	30/09/1988	68	18/09/2013	46,4	24/09/1993	63
out	22/10/2009	78,5	05/10/1970	80	22/10/2009	105,6
nov	30/11/2006	156,3	21/11/1994	139	25/11/1980	130,3
dez	18/12/2000	158,8	25/12/2008	120,8	27/12/1995	147,7

Tabela 7. Máxima precipitação horária registrada entre 1960 e 2021 (mm).

Mês	Data	Belo Horizonte	Data	Curvelo	Data	Ibirité	Data	Sete Lagoas
jan	16/01/2020	46,2	29/01/2018	44,2	21/01/2014	49,8	25/01/2020	49,2
fev	03/02/2020	38,6	06/02/2013	45,2	06/02/2020	40,2	21/02/2019	32,4
mar	18/03/2007	54,8	21/03/2007	42,6	19/03/2017	47,4	20/03/2020	52
abr	08/04/2020	32	02/04/2015	26	17/04/2019	29	15/04/2020	24,2
mai	08/05/2019	17,8	20/05/2017	19,4	29/05/2013	16,6	20/05/2017	14,2
jun	13/06/2017	6,6	11/06/2017	8,8	12/06/2017	15,8	12/06/2017	3,2
jul	28/07/2007	3,2	21/07/2014	9,6	03/07/2020	10,2	03/07/2020	0,4
ago	07/08/2018	10,6	13/08/2016	4,6	17/08/2018	8	04/08/2018	10,8
set	29/09/2017	15,6	27/09/2016	17,6	26/09/2016	45,8	27/09/2016	15
out	23/10/2017	27,6	16/10/2020	26,4	21/10/2014	36,6	27/10/2018	19,6
nov	30/11/2006	57,2	30/11/2007	70,4	30/11/2016	43,8	30/11/2017	31,4
dez	03/12/2017	35,8	12/12/2012	55,8	23/12/2019	57,6	02/12/2019	43,2

Tabela 8. Temperatura máxima mensal registrada entre 1960 e 2021 (°C).

Mês	Data	Belo Horizonte	Data	Curvelo	Data	Sete Lagoas
jan	26/01/2006	35,4	06/01/1973	38,3	21/01/2015	37,1
fev	05/02/1998	35,2	11/02/1999	39	17/02/2010	36,3
mar	12/03/2013	33,9	30/03/1999	38	06/03/2009	35,1
abr	17/04/1998	32,7	22/04/1999	36	11/04/2001	33,8
mai	05/05/1989	31,4	01/05/1989	34,2	04/05/1963	33
jun	26/06/1973	30	27/06/1982	33,6	13/06/1963	31,2
jul	22/07/2013	31,3	11/07/2010	35	22/07/2013	33,4
ago	31/08/1963	33,8	31/08/2005	36,3	26/08/1986	37,6
set	24/09/2007	36,1	27/09/2003	39,3	30/09/2014	37,7
out	31/10/2012	37,1	29/10/2007	39,9	31/10/2012	38,7
nov	03/11/1997	34,7	04/11/1997	38,6	01/11/2012	37,4
dez	02/12/2002	34,8	07/12/2007	38,5	09/12/1963	36,1

Tabela 9. Temperatura mínima mensal registrada entre 1960 e 2021 (°C).

Mês	Data	Belo Horizonte	Data	Curvelo	Data	Sete Lagoas
jan	04/01/1979	10,4	12/01/1961	11,8	02/01/1961	13,7
fev	03/02/1968	12,8	20/02/1993	11,4	16/02/1972	11,5
mar	29/03/1975	11,7	04/03/1993	11,4	30/03/1961	10
abr	26/04/1968	8,8	22/04/1993	10,2	30/04/2014	7,9
mai	20/05/1977	7,5	20/05/1990	4,6	22/05/1999	4,1
jun	01/06/1979	3,1	10/06/1997	4	01/06/1979	2,4
jul	07/07/1975	5,4	18/07/2000	3	18/07/2012	3,3
ago	16/08/1978	7,2	10/08/1994	6,4	17/08/1978	4,4
set	05/09/1975	9,8	05/09/1995	8	18/09/1962	8,6
out	05/10/2014	9,9	02/10/1963	9,9	06/10/2014	10,2
nov	13/11/1986	9,1	08/11/1995	10,6	30/11/1983	9,7
dez	14/12/1972	13,5	15/12/1992	11,6	12/12/1965	9,3

Tabela 10. Umidade relativa mínima mensal registrada nas estações meteorológicas automáticas do Inmet situadas na Bacia hidrográfica do Rio das Velhas entre 1960 e 2021 (%).

Mês	Data	Belo Horizonte	Data	Curvelo	Data	Ibirité	Data	Sete Lagoas
jan	20/01/2018	19	20/01/2018	15	04/01/2014	19	20/01/2018	15
fev	01/02/2019	25	01/02/2019	19	27/02/2012	23	01/02/2019	24
mar	11/03/2007	27	03/03/2012	16	03/03/2012	25	18/03/2017	30
abr	03/04/2017	26	09/04/2016	21	12/04/2016	25	03/04/2017	27
mai	21/05/2018	21	28/05/2020	21	28/05/2014	17	21/05/2018	18
jun	07/06/2017	19	19/06/2016	19	10/06/2017	18	29/06/2017	20
jul	13/07/2019	19	24/07/2012	17	18/07/2016	13	18/07/2016	17
ago	12/08/2018	12	12/08/2018	11	11/08/2018	11	11/08/2018	10
set	10/09/2020	12	10/09/2020	11	19/09/2015	11	10/09/2020	11
out	03/10/2020	12	03/10/2020	10	14/10/2019	8	14/10/2019	13
nov	13/11/2017	15	19/11/2014	11	13/11/2017	18	11/11/2019	16
dez	29/12/2007	20	15/12/2020	20	24/12/2016	23	14/12/2020	18

Tabela 11. Rajadas de ventos máximas registradas nas estações meteorológicas automáticas do Inmet na Bacia hidrográfica do Rio das Velhas entre 1960 e 2021 (km/h).

Mês	Belo Horizonte-Pampulha	Curvelo	Ibirité-Rola Moça	Sete Lagoas
jan	20,5	19,8	21,3	18,3
fev	25,0	23,8	19,2	16,7
mar	19,8	20,0	21,7	12,8
abr	18,8	16,9	21,7	12,2
mai	15,0	17,5	21,7	13,6
jun	20,0	21,6	23,7	19,3
jul	14,1	18,0	20,1	15,1
ago	19,4	18,7	21,9	12,6
set	17,6	19,0	24,5	15,4
out	23,7	23,8	24,7	22,4
nov	18,2	18,2	23,7	21,0
dez	22,0	22,6	21,7	15,5

2.5. Solos e dinâmica da água no solo

a) Características dos solos

A segurança hídrica e alimentar da população depende das interações solo-planta-atmosfera. O armazenamento da água no solo varia em função de características inerentes ao solo (textura, estrutura, teor de matéria orgânica, profundidade), da entrada de água no sistema (principalmente pela chuva) e das perdas de água pela evapotranspiração percolação e escorrimento superficial. A implementação do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos no Brasil - PronaSolos a partir de 2015 (Polidoro et al., 2016) vem contribuindo para o mapeamento sistemático dos solos no Brasil, permitindo a geração de informações sobre a capacidade de água disponível (CAD), suscetibilidade e vulnerabilidade dos solos brasileiros à erosão hídrica, condutividade elétrica e estoques de carbono. A Plataforma PronaSolos foi disponibilizada em 2021 no formato de sistemas de informações geográficas (SigWeb), contendo informações geradas nos últimos 80 anos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM-Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), pela Embrapa e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de contribuições de instituições estaduais e universidades (Polidoro et al., 2021).

De acordo com o IBGE, as classes de solos predominantes no Brasil referem-se aos Latossolos e Argissolos sobre os quais concentram-se as principais áreas de produção agrícola do País. A Figura 10 apresenta distribuição das classes de solos (1ª ordem) na Bacia hidrográfica do Rio das Velhas, e a Tabela 12 exibe o percentual da área da bacia ocupado por cada classe. Os solos predominantes na bacia são os Argissolos, ocupando 30,2% da área. Apenas 51,7% dos solos ocorrentes na região são considerados aptos para o cultivo agrícola (Argissolos e Latossolos), 40,5% com usos mais restritos (Neossolos, Cambissolos, Plintossolos e Gleissolos) e 7,6% da área é ocupada por afloramentos de rochas e pelas áreas urbanas.

Tabela 12. Percentual de ocorrência das classes de solos na Bacia hidrográfica do Rio das Velhas.

Classe de solo: 1ª ordem	Área relativa de ocorrência (%)
Argissolo	30,2
Neossolo	22,3
Latossolo	21,6
Cambissolo	17,1
Afloramento de rochas	5,4
Área urbana	2,2
Plitossolo	0,6
Gleissolo	0,5
Corpo d'Água	0,1

Teixeira et al. (2021) usaram funções de pedotransferência para fazer inferências sobre a água disponível nos solos em função das classes texturais de areia, silte e argila. A Figura 11 mostra a capacidade de retenção de água nos solos da Bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Observa-se que a maioria dos solos com baixas capacidades de retenção de água disponível encontra-se na região da Serra do Espinhaço. As áreas urbanas, especialmente o município de Belo Horizonte, apresentam baixa capacidade de retenção de água em função da impermeabilização dos solos.

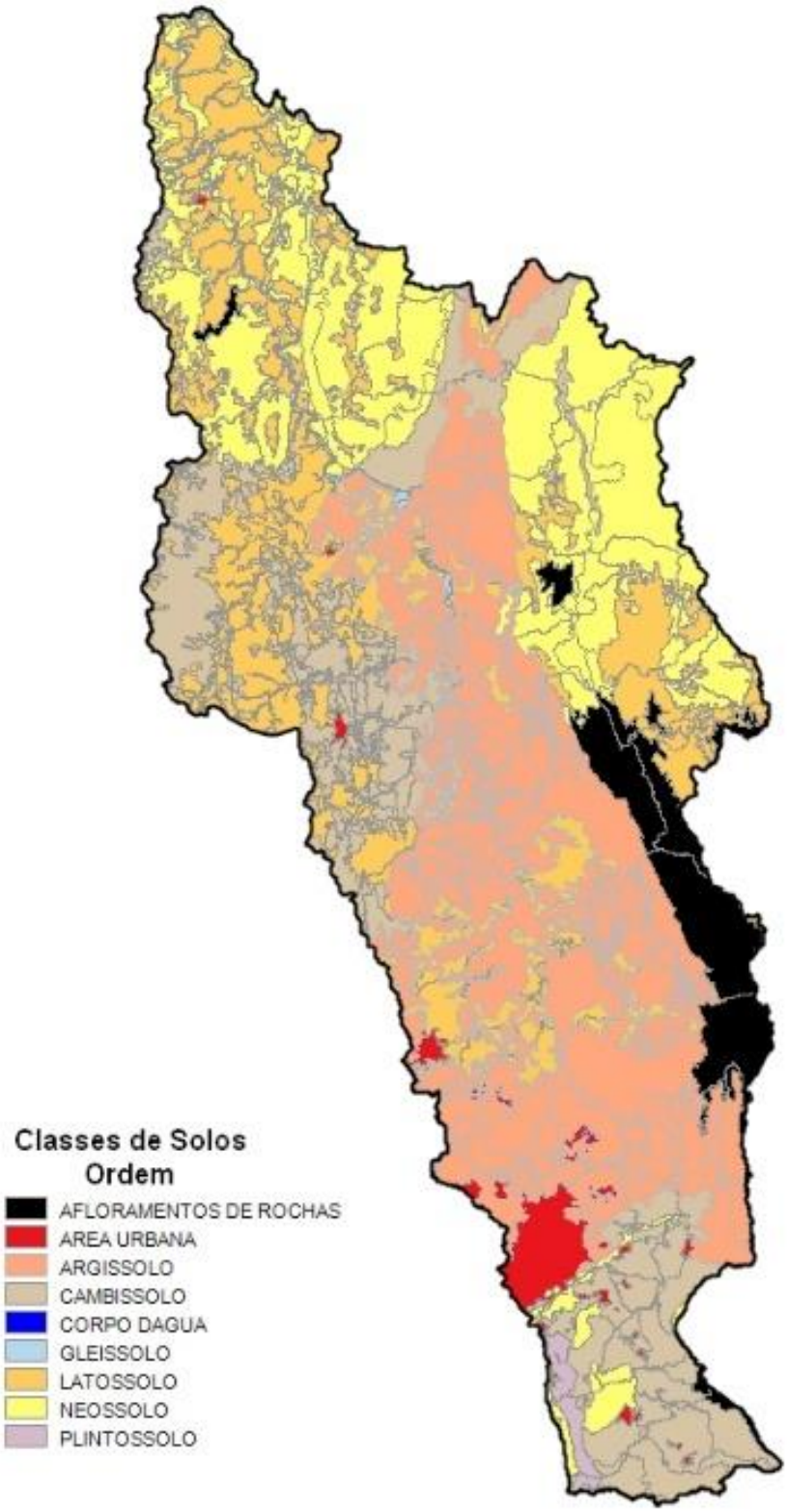

Figura 10. Classes de solos (1ª ordem) ocorrentes na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais - Brasil.
Elaborado por Daniel Pereira Guimarães. Fonte: Polidoro et al. (2021).

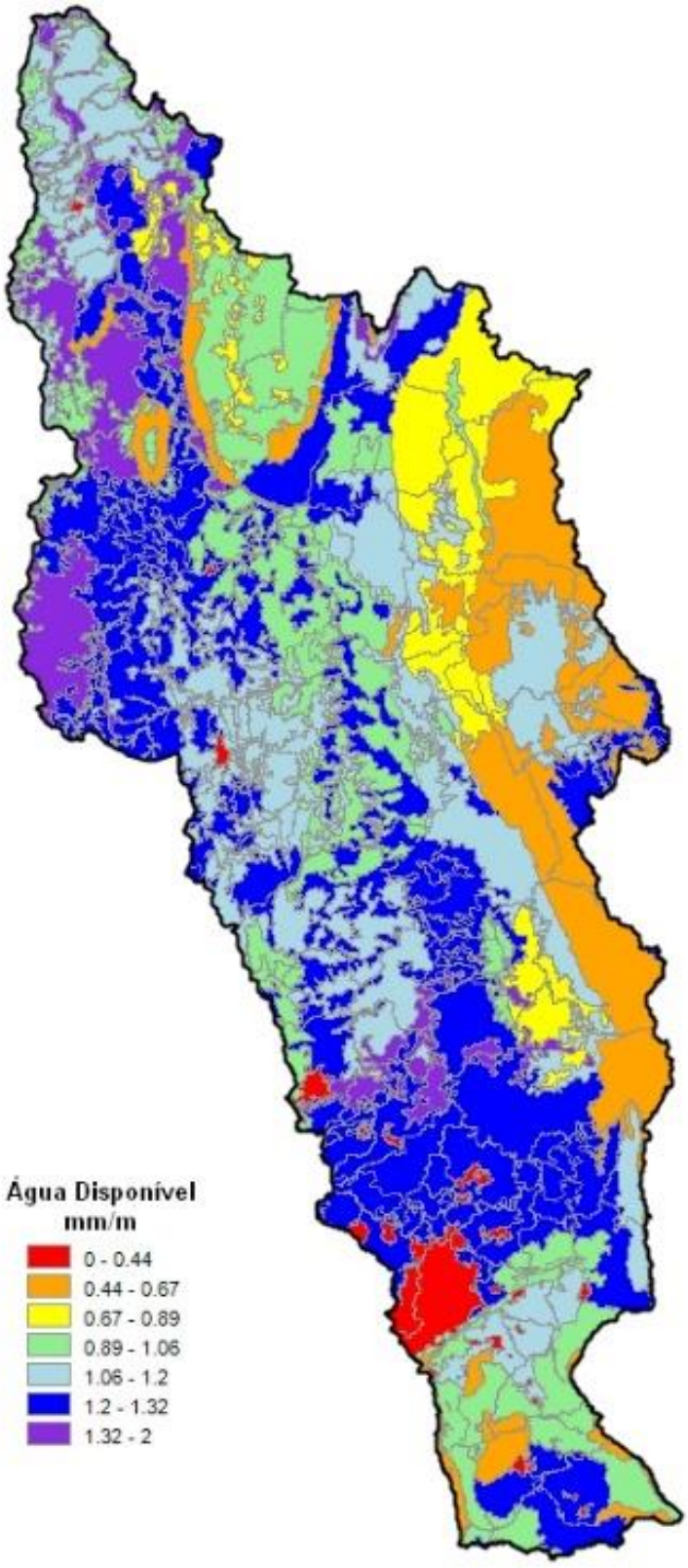

Figura 11. Capacidade de Água Disponível (CAD) nos solos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais - Brasil.
Elaborado por Daniel Pereira Guimarães. Fonte: Polidoro et al. (2021).

b) Dinâmica da água no solo

O ciclo hidrológico é um fenômeno contínuo da circulação da água entre a superfície terrestre e a atmosfera. A água encontra-se em constante fase de mudanças entre os estados sólido (gelo), líquido e gasoso (vapor). Esse ciclo ocorre há bilhões de anos e é fundamental para a existência de vida no planeta. A Figura 12 ilustra as transformações ocorridas no ciclo da água. A dinâmica da água nos solos do Brasil depende basicamente das chuvas (entrada da água no solo) e da evapotranspiração, que se refere ao retorno da água para a atmosfera na forma gasosa resultante da evaporação do solo e transpiração das plantas.

Figura 12. O ciclo hidrológico natural.
Fonte: United States Geological Survey (2022). Imagem de domínio público.

O monitoramento das chuvas no Brasil é feito por estações terrestres (estações meteorológicas convencionais e automáticas, postos pluviométricos manuais e automáticos, e pelo uso de sensores orbitais ou modelos climatológicos). As séries históricas de longa duração baseiam-se unicamente em coletas realizadas em pluviômetros manuais, e são afetadas por falhas ocasionadas pela falta de medições e também em função dos erros inerentes a

esse tipo de coleta de dados: erros sistemáticos, falhas humanas, localização inadequada do ponto amostral e perdas das séries históricas. Para a análise do balanço, disponibilidade e excedente hídricos no âmbito da bacia foram consideradas bases pluviométricas disponibilizadas pelo CHIRPS - *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (Funk et al., 2015) e estimativas de evapotranspiração.

A opção pelo uso das bases pluviométricas CHIRPS levou em consideração os seguintes aspectos:

- Base de dados pluviométricos diários em escala global (-50°S e 50°N).

- Série histórica contínua desde 1981 (40 anos).

- Combinação de informações de sensores orbitais e informações terrestres.

- Análise de consistência das bases terrestres.

- Informações padronizadas.

- Resolução espacial de 0,05° (5 km na linha do Equador) gerando mais de 280 mil pontos de observação no território brasileiro.

A estimativa da evapotranspiração teve como base os trabalhos de Hobbins (2016), que usou as bases de dados MERRA-2 (*Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications*) da NASA (Gelaro et al., 2017) para implementar a equação de Penman-Monteith em escala global.

A equação de evapotranspiração de referência (ETo) de Penman-Monteith parametrizada pela FAO (ALLEN et al., 2005), é dada por:

$$ETo = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*}(R_n - G)\frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*}\frac{900}{T + 275}U_2.(e_a - e_d)$$

Em que:

ETo - Evapotranspiração de referência da cultura hipotética, mm dia^{-1};

Rn - Saldo de radiação, MJ m^{-2} dia^{-1};

δ - Fluxo de calor no solo, considerado nulo em escala diária, MJ m^2 dia^{-1};

Y - Temperatura do ar, °C;

U_2 - Velocidade do vento a 2 m de altura, m s^{-1};

(e_a e_d) - Déficit de pressão de vapor do ar, kPa;

e_a - Pressão de vapor do ar atual, kPa;

e_d - Pressão de vapor de saturação do ar, kPa;

d - Declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa $°C^{-1}$;

l - Calor latente de evaporação da água, MJ kg^{-1};

g - Constante psicrométrica, kPa $°C^{-1}$;

g* - Constante psicrométrica modificada, kPa $°C^{-1}$ (=1 + 0,33.U_2);

900 - Fator de conversão kJ^{-1} kg °K.

O aumento da resolução espacial foi obtido através da reamostragem usando como subconjunto as bases de evapotranspiração do IWTI (International Water Management Institute). Esse procedimento permitiu coincidir a resolução espacial das bases de dados de chuva e evapotranspiração (cerca de 5 km).

O balanço hídrico sequencial foi gerado a partir de algoritmo de álgebra de imagens combinando a entrada de água no solo (Chuva – CHIRPS), evapotranspiração potencial (Hobbins, 2016) e Capacidade de Água Disponível dos solos (CAD) gerada a partir de funções de pedotransferência (Teixeira et al., 2021), tendo como base o mapeamento dos solos brasileiros pelo PronaSolos.

A Figura 13 ilustra a variação mensal da água nos solos na Bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Embora as maiores precipitações pluviométricas (acima de 1.500 mm/ano) ocorram na região do Alto Rio das Velhas, as condições de relevo e o tipo de solo não contribuem para uma boa disponibilidade hídrica nos solos. Entre os meses de dezembro e março, os solos mantêm a máxima capacidade de água disponível, permanecendo na capacidade de campo (máxima capacidade de retenção). Volumes inferiores a 50 mm de água por metro de profundidade dos solos ocorrem entre os meses de junho e outubro, sendo que a reposição da água pelas chuvas ocorre a partir de novembro.

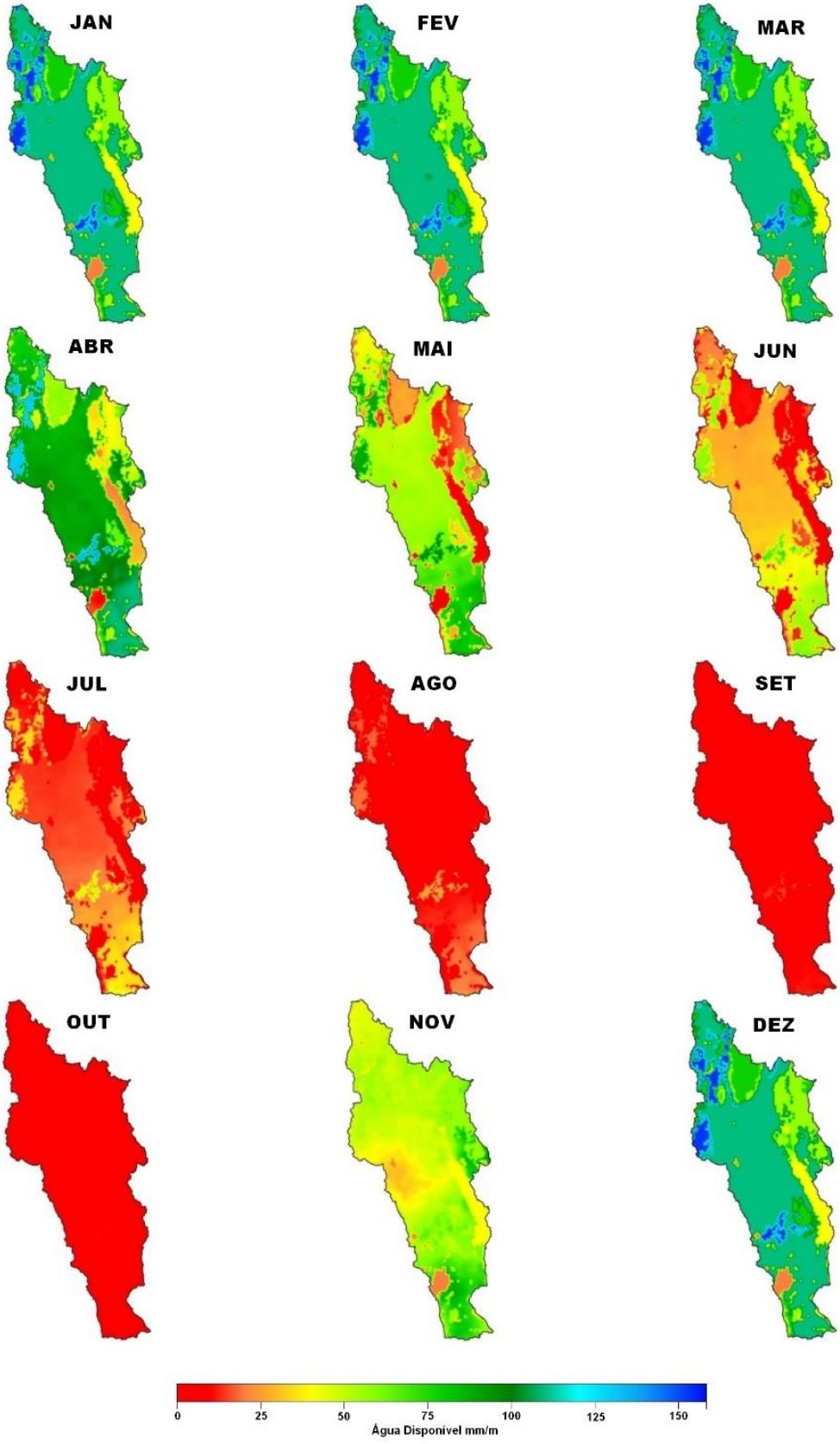

Figura 13. Disponibilidade hídrica mensal nos solos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas.
Elaborado por Daniel Pereira Guimarães. Fontes: Funk et al. (2015), Hobbins (2016), Gelaro et al. (2017), Teixeira et al. (2021).

c) Excedente hídrico

O excedente hídrico representa o volume de água que não é retido pelas partículas do solo uma vez que este tenha atingido a capacidade de campo. O volume hídrico excedente indica a quantidade de água que é percolada para o lençol freático ou sofre escorrimento superficial. Assim, o excedente hídrico corresponde ao volume de água que abastecerá os corpos hídricos. A Figura 14 mostra o excedente hídrico anual na Bacia hidrográfica do Rio das Velhas, calculado considerando metodologia apresentada por Guimarães et al. (2022).

A Bacia hidrográfica do Rio das Velhas apresenta excelente volume de excedente hídrico o qual contribui para o abastecimento do lençol freático e águas superficiais. As áreas de ocorrência dos maiores excedentes hídricos correspondem à região do Alto Rio das Velhas, nas condições escarpadas do Quadrilátero Ferrífero e presença de Cambissolos Háplicos, Plintossolos Pétricos, Neossolos Litólicos e extensas áreas urbanas, como o município de Belo Horizonte. Em menor escala, existem os excedentes gerados pelos Afloramentos Rochosos da Serra do Espinhaço. Essas condições contribuem para que a calha principal do rio receba altos volumes de água em curtos espaços de tempo em função do volume escorrido na superfície e das altas velocidades pelo efeito do relevo, com altos riscos de alagamentos e enchentes. A Tabela 13 apresenta os municípios com maior contribuição para a geração de excedentes hídricos (escorrimento superficial e/ou percolação) na bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Verifica-se que os municípios de Corinto, Curvelo e Lassance representam cerca de 20% da contribuição para o excedente hídrico.

Tabela 13. Municípios com maior contribuição para a geração de excedentes hídricos na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.

Município	UF	Excedente médio (mm)	Área na Bacia (ha)	Contribuição relativa do excedente hídrico da bacia (%)
Corinto	MG	336,7	252.226,7	7,2
Curvelo	MG	360,9	207.174,6	6,3
Lassance	MG	304,1	213.209,5	5,5
Santana de Pirapama	MG	449,6	125.584,0	4,8
Jaboticatubas	MG	490,5	111.360,5	4,6
Diamantina	MG	470,0	114.362,7	4,5
Buenópolis	MG	356,2	130.421,7	3,9
Gouveia	MG	497,6	86.660,8	3,6
Augusto de Lima	MG	325,2	125.484,1	3,4
Ouro Preto	MG	648,5	62.766,7	3,4
Várzea da Palma	MG	242,5	162.340,0	3,3
Itabirito	MG	649,1	54.359,3	3,0
Santana do Riacho	MG	506,5	67.679,9	2,9
Caeté	MG	619,3	54.069,0	2,8
Cordisburgo	MG	393,0	82.322,1	2,7
Nova Lima	MG	681,4	42.866,9	2,5
Monjolos	MG	432,8	65.091,6	2,4
Presidente Juscelino	MG	386,0	69.588,7	2,3
Total				**69,0**

Elaboração: Daniel Pereira Guimarães. Fontes: Funk et al. (2015), Hobbins (2016), Gelaro et al. (2017), Teixeira et al. (2021), Guimarães et al. (2022).

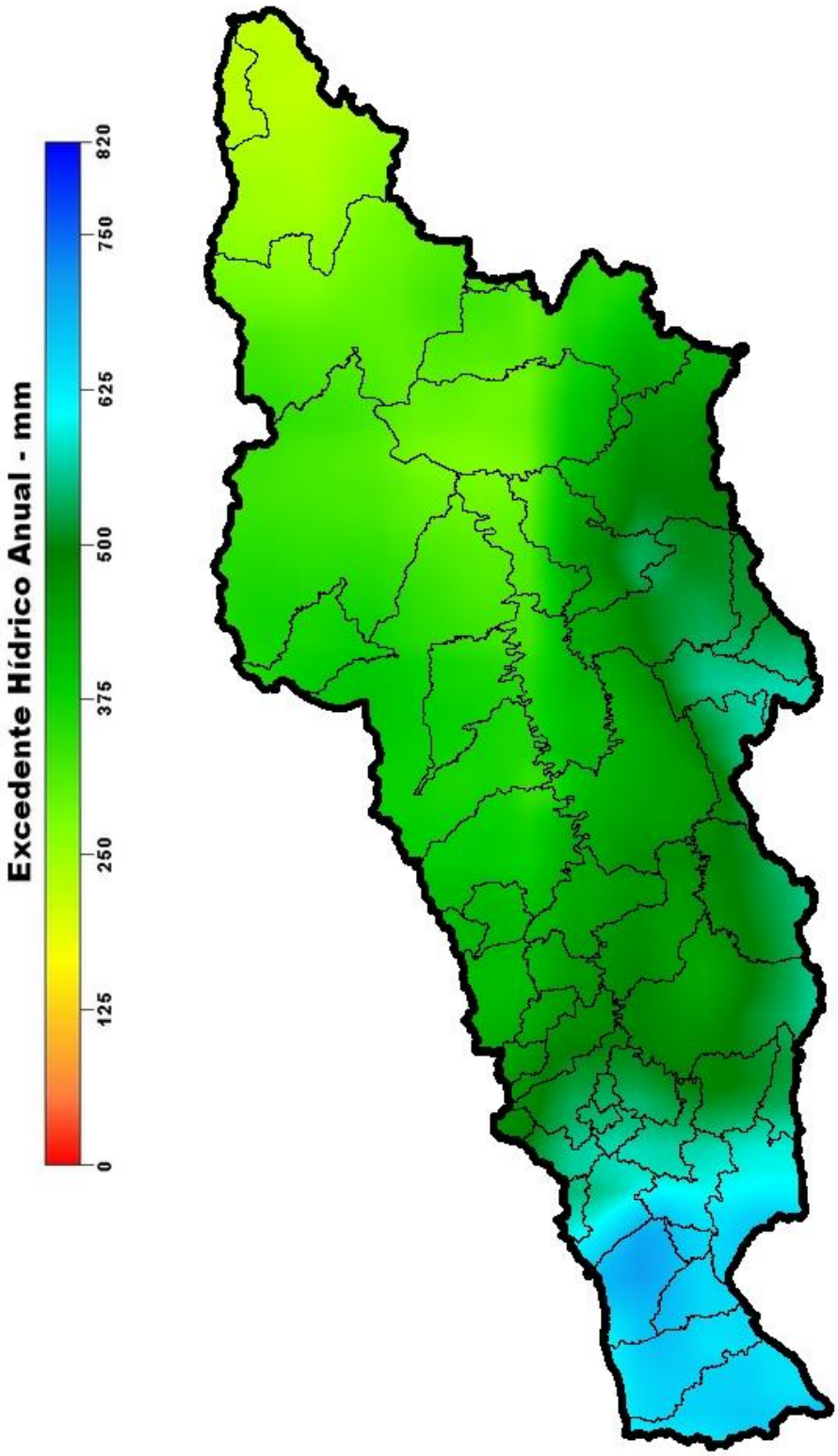

Figura 14. Excedente hídrico anual (percolação e escorrimento superficial) na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.
Elaborado por Daniel Pereira Guimarães. Fontes: Funk et al. (2015), Hobbins (2016), Gelaro et al. (2017), Teixeira et al. (2021), Guimarães et al. (2022).

2.6. Bioma e vegetação natural

Bioma representa uma unidade biológica que engloba a área originária de um conjunto de ecossistemas terrestres com características fitofisionômicas, macroclimáticas e geológicas semelhantes, que sofreram processos similares de formação histórica da paisagem, resultando em uma diversidade de flora e fauna características (adaptado de Cox; Moore, 2000; Coutinho, 2006; Brasil (2019); IBGE, 2004a). O estado de conservação da vegetação nativa e as características de uso atual da terra indicam a existência ou não de habitats adequados para as espécies originais ou outras, bem como a manutenção de serviços ambientais e o fornecimento de bens essenciais à sobrevivência de populações humanas, como a qualidade da água, do ar, etc. (adaptado de Brasil, 2019; Landau; Moura, 2020).

Foi considerada a delimitação de Biomas e a base sobre vegetação disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), escala 1:250.000. As nascentes do Rio das Velhas e as áreas mais ao sul e leste da bacia hidrográfica estão situadas no Bioma Mata Atlântica (Figura 15). Da área da bacia, 12,30% ocorrem nesse Bioma, em que predominam altitudes acima de 1.000 m. A maior parte da área da bacia (87,70%), incluindo a porção mais a oeste e até a desembocadura do Rio das Velhas no Rio São Francisco, está situada no Bioma Cerrado, em que predominam altitudes entre 477 m e 900 m.

Nas áreas do Bioma Mata Atlântica predomina clima tropical úmido, quente e com precipitação sazonal. A vegetação nativa é representada predominantemente por florestas estacionais semideciduais densas e fechadas, formadas por árvores de portes médio e grande (Figura 16). No Cerrado, o clima é tropical sazonal, com períodos anuais de seca e chuva. Neste, prevalecem formações do tipo savânicas (“cerrado”), caracterizadas por árvores esparsas e de pequeno porte que apresentam troncos retorcidos, além de arbustos e gramíneas. Nas áreas mais elevadas predominam campos de altitude, sobre solos geralmente rasos. Na porção central da área da bacia, acompanhando as áreas mais próximas aos rios principais, predomina uma vegetação representada por um ecótono resultante do contato entre savana (“cerrado”) e floresta estacional.

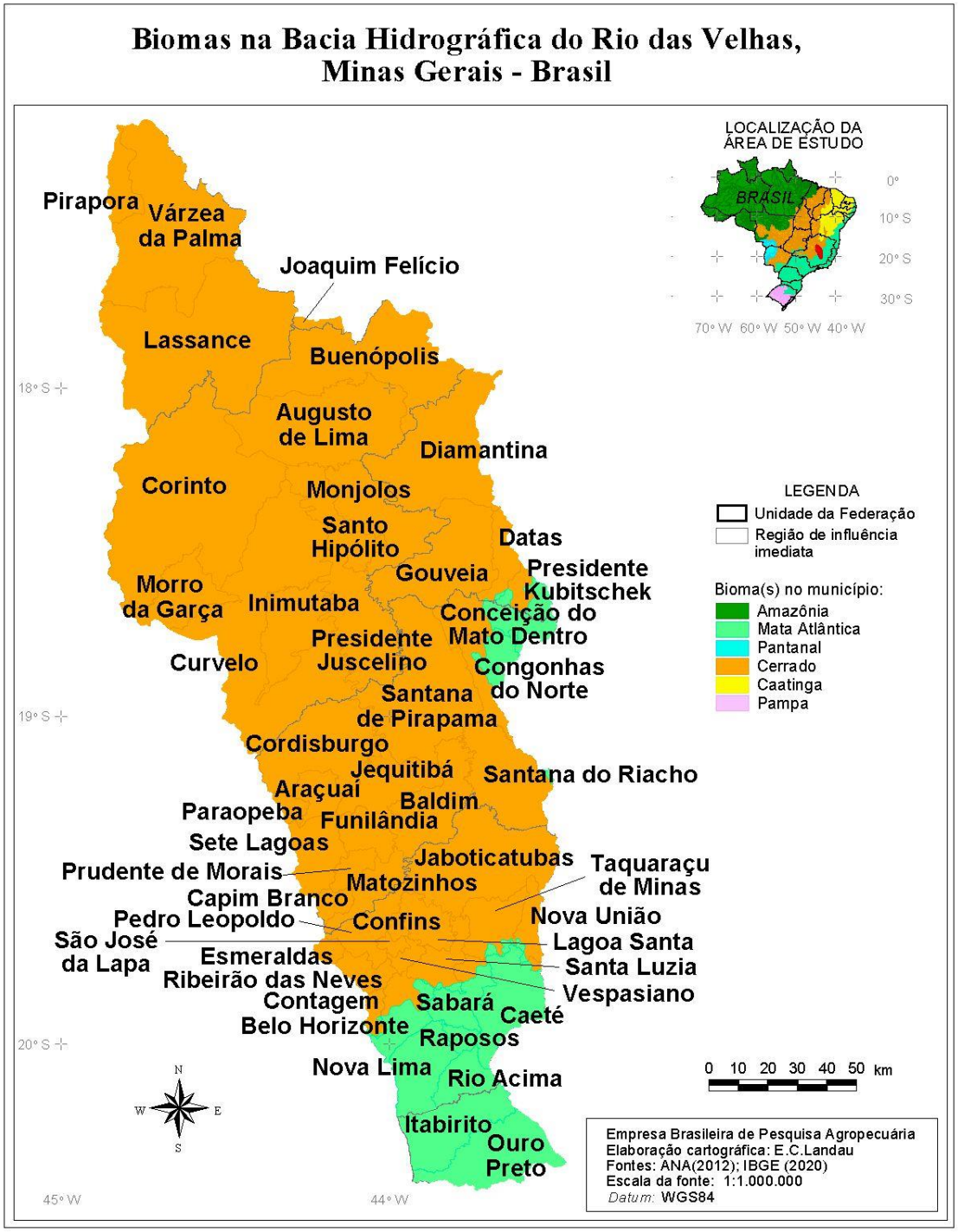

Figura 15. Biomas da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.

Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), IBGE (2020).

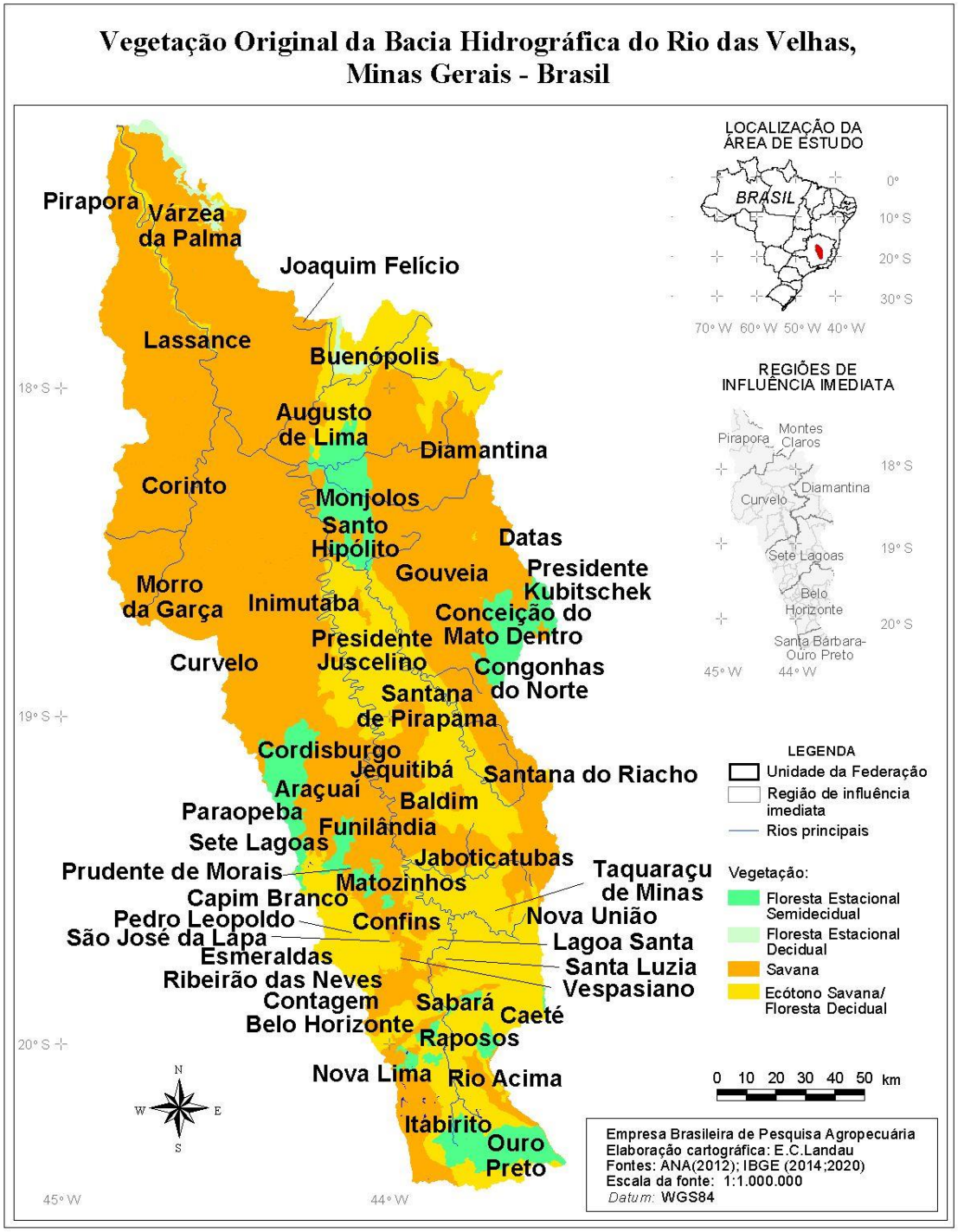

Figura 16. Vegetação original na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.

Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), IBGE (2004b, 2020).

2.7. Cobertura vegetal e uso da terra

Para representação da cobertura vegetal e uso da terra foi considerada a versão 5 da base cartográfica disponibilizada pelo Projeto MapBiomas, referente a 2019 (Projeto MapBiomas, 2020). A denominação e as cores representativas da legenda de algumas classes foram modificadas em relação ao proposto originalmente pelo projeto, optando-se pela representação prioritária de classes terrestres de origem natural em tons de verde ou marrom; e a de classes de origem antrópica, utilizando cores nos tons vermelhos ou cinzas. Estratos arbóreos e classes indicando maior permanência temporal no território foram representadas em cores preferentemente mais escuras que classes indicando estratos herbáceos e/ou de duração temporária, conforme apresentado na Tabela 14.

Os padrões de cobertura vegetal e uso da terra da bacia são apresentados na Figuras 17 e 18, e na Tabela 15. Mais de 40% da área da bacia hidrográfica é ocupada por pastagens (43,1%, 12.115,9 km^2), e também por formações de origem natural (19,4% ou 5.440,7 km^2 por formações savânicas; 14,6% ou 4.103,0 km^2 por formações florestais e 10,3% ou 2.905,1 km^2 por formações campestres ou campos de altitude). Não foi informado o grau de conservação das formações de origem natural. Em função da proximidade de grandes centros urbanos, é provável que grande parte das formações naturais remanescentes decorram da conservação em função de nascentes relevantes ou da ocorrência em locais de difícil acesso, havendo também formações decorrentes da regeneração secundária de áreas anteriormente suprimidas, as quais podem ter perdido parte da sua estrutura florestal, fauna e flora originais).

Mesmo ocupando em torno de 2,5% da área da bacia, as áreas urbanas ocorrentes na bacia apresentam grande densidade populacional, influenciando no padrão de demanda de uso da água para consumo humano e da influência de atividades contaminantes da qualidade do rio.

Os municípios com maior percentual de suas áreas ocupadas por pastagens foram Capim Branco, Araçaí, Cordisburgo, Curvelo e Sete Lagoas. Quanto ao nível de degradação das pastagens no âmbito da bacia do Rio das Velhas, de acordo com o Atlas Digital das Pastagens Brasileiras (Atlas... 2022), aproximadamente 1/3 destas (36,13%) apresentou nível severo de degradação,

quase 1/3 (32,48%), nível intermediário de degradação, e cerca de 1/3 (31,38%) apresentou nível baixo de degradação (Figura 19). Cinco municípios tiveram todas as suas pastagens classificadas com nível severo de degradação (Belo Vale, Brumadinho, Nova Lima, Ouro Preto e Serro), e outros sete municípios apresentaram mais do que a metade das pastagens também com nível severo de degradação: Funilândia (99,91%), Felixlândia (89,94%), Datas (66,48%), Santa Luzia (59,83%), Presidente Kubitschek (59,58%) Paraopeba (58,41% e Santana de Pirapama (55,19%). Por outro lado, quatro municípios foram considerados como apresentando apenas pastagens com nível baixo de degradação no âmbito da bacia (Barão de Cocais, Esmeraldas, Raposos, Três Marias), e outros 12, com mais do que a metade da área de pastagens situada dentro da bacia com nível baixo de degradação: Diamantina (99,93%), Bom Jesus do Amparo (89,61%), Santana do Riacho (85,53%), Monjolos (79,00%), Capim Branco (78,22%), Taquaraçu de Minas (76,84%), Caeté (73,71%), Matozinhos (71,34%), Nova União (71,16%), Ribeirão das Neves (60,43%), Jequitibá (56,82%) e Vespasiano (52,16%).

Tabela 14. Legenda adotada para a representação cartográfica da cobertura vegetal e uso da terra.

Cobertura vegetal e uso da terra	Cor
1. Floresta	
1.1. Floresta natural	
1.1.1. Formação florestal	
1.1.2. Formação savânica (“cerrado”)	
1.1.3. Mangue	
1.2. Monocultura florestal/Floresta plantada/Silvicultura	
2. Formação Natural não Florestal	
2.1. Campo alagado ou área pantanosa	
2.2. Formação campestre natural	
2.3. Apicum (ambiente salino)	
2.4. Afloramento rochoso	
2.5. Outras formações não florestais	
3. Agropecuária	
3.1. Pastagem	
3.2. Agricultura	
3.2.1. Lavoura temporária	
3.2.1.1. Soja	
3.2.1.2. Cana-de-açúcar	
3.2.1.3. Outras lavouras temporárias	
3.2.2. Lavoura perene	
3.3 Mosaico de agricultura e pastagem	
4. Área não vegetada	
4.1. Praia ou duna	
4.2. Infraestrutura urbana	
4.3. Mineração	
4.4. Outras áreas não vegetadas	
5. Corpos d'água	
5.1. Rio, lago, oceano	
5.2. Aquicultura	
6. Não observado	

Fonte: Adaptado de Projeto MapBiomas (2020).

Analisando a cobertura vegetal e uso da terra por bioma, em relação à área situada dentro do Bioma Mata Atlântica, onde estão localizadas as nascentes mais distantes da foz do Rio das Velhas, foi identificada aproximadamente 42,5% (1.467 km^2) da área representada por formações florestais, seguida por 20,5% (707,1 km^2) ocupada por mosaico de agricultura e pastagem, 9,6% (331,2 km^2), por pastagens, e 8,5% (294,0 km^2), por afloramentos rochosos. As cabeceiras do Rio ocorrem em afloramentos rochosos, dentro de Unidades de conservação. Não foi avaliado o grau de conservação das formações florestais nem o nível de degradação das pastagens no Bioma. Também são observadas outras categorias de cobertura vegetal e uso do solo que ocupam mais do que 5% da área da bacia situada no Bioma: áreas com afloramentos rochosos (8,5% ou 294,0 km^2), áreas com infraestrutura urbana (7,7% ou 266 km^2) e áreas com formações savânicas (6,8% ou 236,2 km^2).

Quanto à área situada no Bioma Cerrado, quase a metade da área é representada por pastagens (47,8% ou 11.784,8 km^2), havendo 43,6% representados por classes de origem natural (21,1% ou 5.204,5 km^2, por formações savânicas; 11,8% ou 2.9095,0 km^2, por formações campestres, com campos de altitude, e 10,7% ou 2.636,1 km^2, por formações florestais).

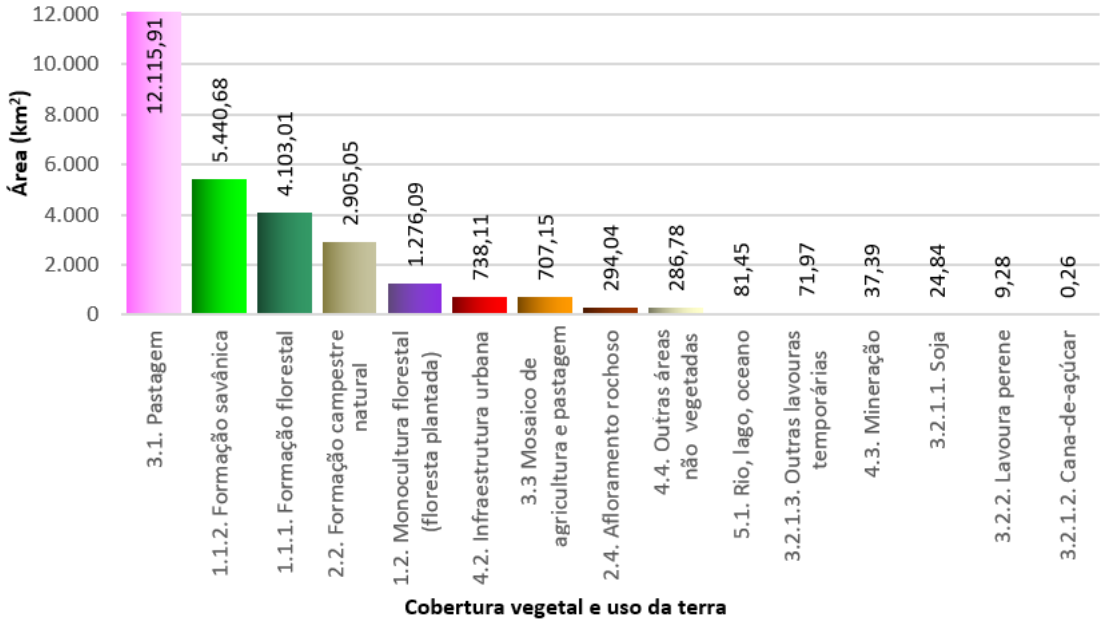

Figura 17. Área da bacia hidrográfica do Rio das Velhas ocupada por classe de cobertura vegetal e uso da terra em 2019.
Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), IBGE (2019), Projeto MapBiomas (2020).

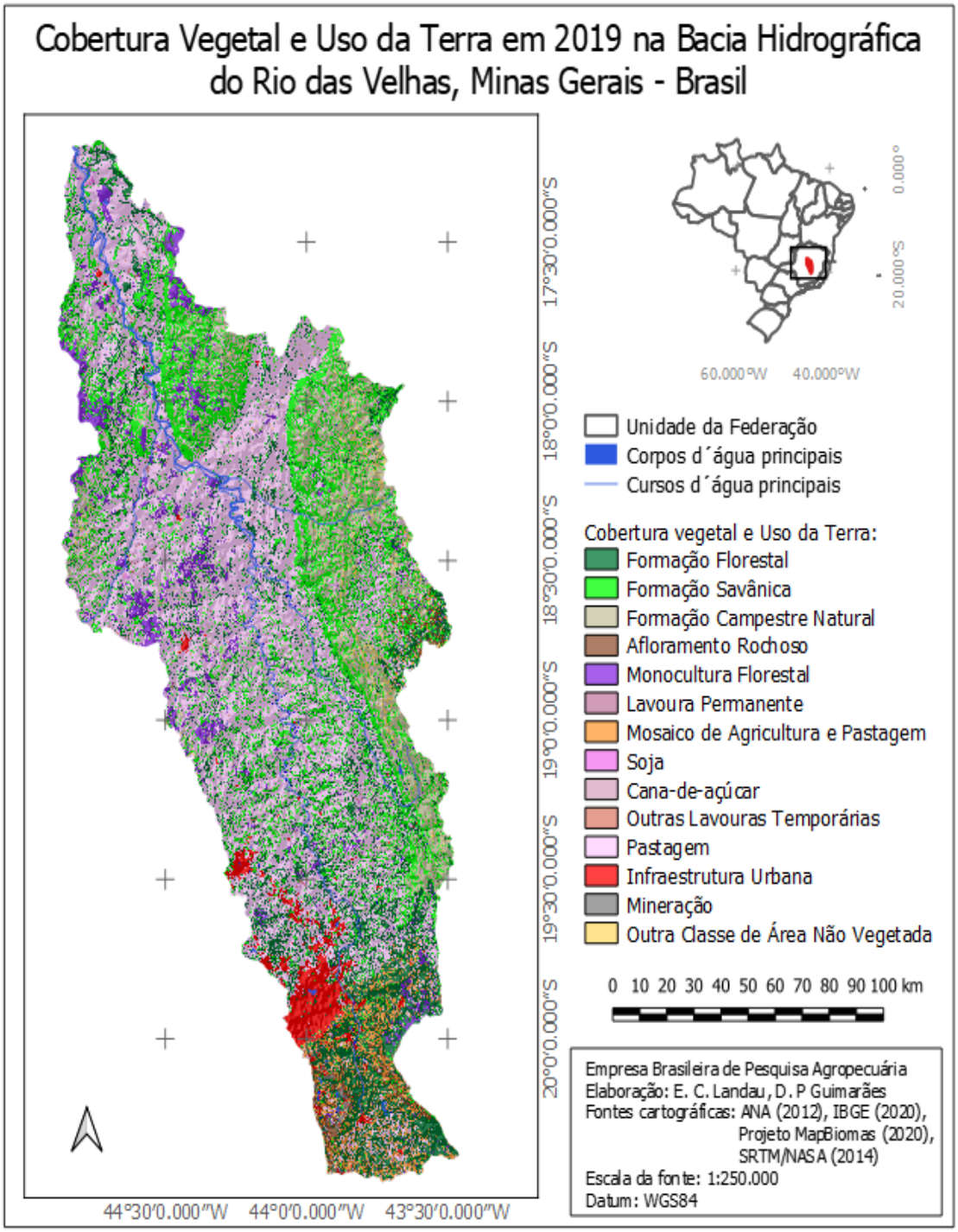

Figura 18. Cobertura vegetal e uso da terra em 2019 na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.
Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey *(*2014), IBGE (2020), Projeto MapBiomas (2020).

Tabela 15. Área total e por Bioma da Bacia hidrográfica do Rio das Velhas ocupada por classe de cobertura vegetal e uso da terra em 2019.

Cobertura vegetal e uso da terra	Mata Atlântica		Cerrado		Total	
	Área (km²)	Área relativa (%)	Área (km²)	Área relativa (%)	Área (km²)	Área relativa (%)
1. Floresta						
1.1. Floresta natural						
1.1.1. Formação florestal	1.466,926	42,477	2.636,081	10,699	4.103,008	14,606
1.1.2. Formação savânica	236,222	6,839	5.204,459	21,124	5.440,681	19,367
1.1.3. Mangue						
1.2. Floresta plantada/ monocultura florestal	82,833	2,398	1.193,254	4,843	1.276,087	4,543
2. Formação natural não florestal						
2.1. Campo alagado ou área pantanosa						
2.2. Formação campestre natural	0,004	<0,001	2.905,046	11,791	2.905,050	10,341
2.3. Apicum/ ambiente salino						
2.4. Afloramento rochoso	294,037	8,512	0,003	<0,001	294,040	1,047
2.5. Outra formação não florestal						
3. Agropecuária						
3.1. Pastagem	331,153	9,587	11.784,754	47,832	12.115,907	43,129
3.2. Agricultura						
3.2.1. Lavoura temporária						
3.2.1.1. Soja			24,838	0,101	24,838	0,088
3.2.1.2. Cana-de-açúcar			0,261	<0,001	0,261	<0,001
3.2.1.3. Outras lavouras temporárias	1,206	0,035	70,765	0,287	71,970	0,256
3.2.2. Lavoura perene			9,278	0,038	9,278	0,033
3.3. Mosaico de agricultura e pastagem	707,142	20,471	0,005	<0,001	707,147	2,517
4. Área não vegetada						
4.1. Praia ou duna						
4.2. Infraestrutura urbana	266,020	7,701	472,089	1,916	738,109	2,628
4.3. Mineração	37,260	1,079	0,126	<0,001	37,386	0,133
4.4. Outra área não vegetada	19,258	0,556	267,520	1,086	286,778	1,021
5. Corpos d'água						
5.1. Rio, lago, oceano	12,228	0,354	69,222	0,281	81,451	0,290
5.2. Aquicultura						
6. Não observado						
Somatório	3.454,290	100,000	24.637,701	100,000	28.091,990	100,000

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), IBGE (2019), Projeto MapBiomas (2020).

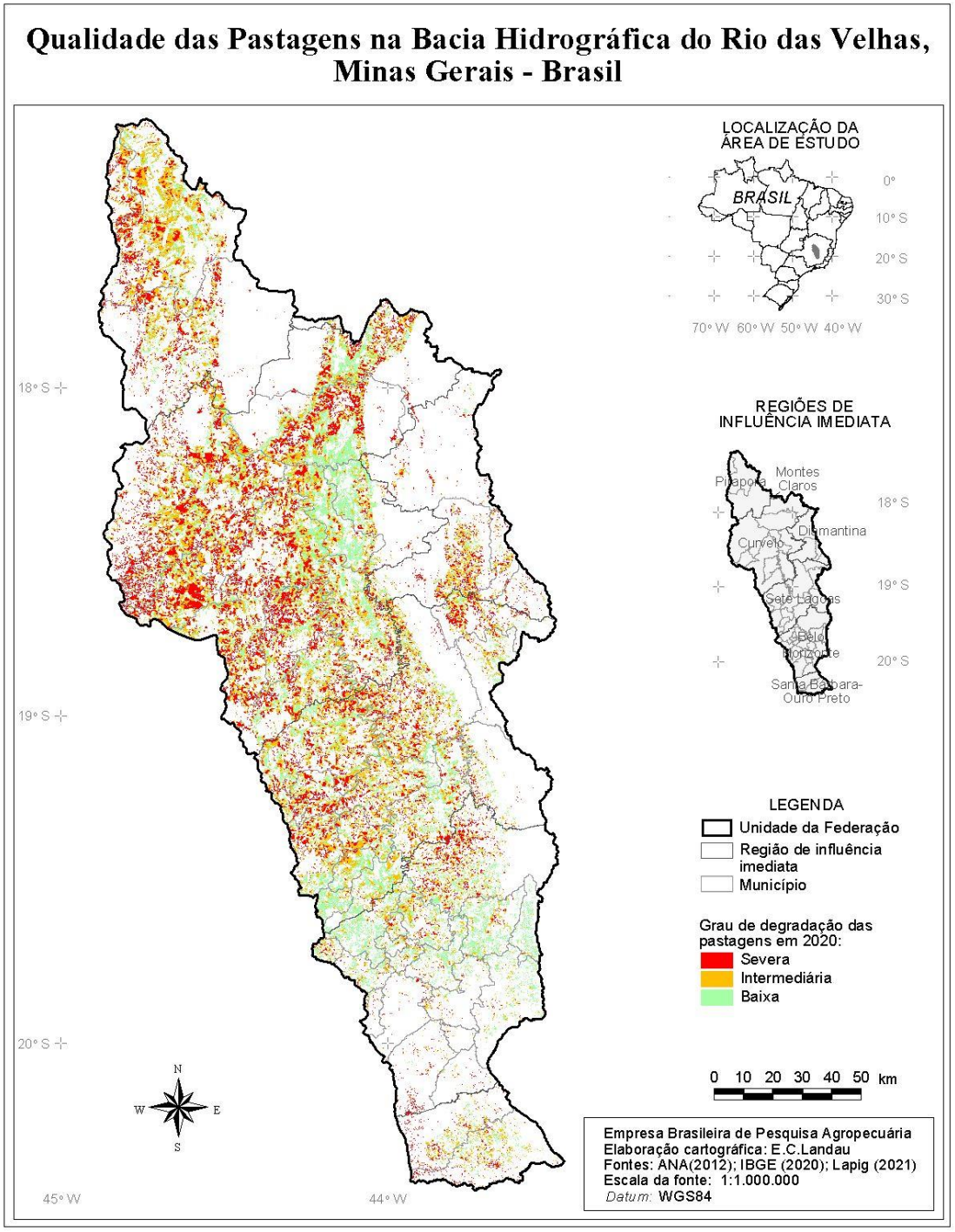

Figura 19. Qualidade das pastagens em 2020 na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.
Elaborado por Elena Charlotte Landau. Fontes: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), IBGE (2020), Atlas... (2022).

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (Níveis Otto 1-7)**: Bacias Hidrográficas Otto Nível 3. Brasília, DF, 2012. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f. Acesso em: 30 jun. 2021.

ALLEN, R. G.; WALTER, I. A.; ELLIOTT, R. L.; HOWELL, T. A.; ITENFISU, D.; JENSEN, M. E.; SNYDER, R. L. (ed.). **The ASCE standardized reference evapotranspiration equation**. Reston: American Society of Civil Engineers, 2005. 59 p.

ÁLVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVE, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

ATLAS Digital das Pastagens Brasileiras. Disponível em: https://atlasdaspastagens.ufg.br/. Acesso em: 24 maio 2022.

ATLAS Virtual da Pré-História. 2021. Disponível em: https://www.atlasvirtual.com.br/. Acesso em: 20 abr. 2022.

BRANCO, P. de M. **Breve história da terra**. 2016. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Breve-Historia-da-Terra-1094.html. Acesso em: 13 maio 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Biomas**. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas. Acesso em: 10 maio 2019.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **GeoSGB**: dados, informações e produtos do Serviço Geológico do Brasil. Arquivo vetorial no formato *shapefile*, escala 1:1.000.000. Disponível em: https://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html. Acesso em: 29 abr. 2022.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasílica**, v. 20, n. 1, p. 13-26, 2006. DOI: https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002

COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeography**: an ecological and evolutionary approach. 6. ed. London: Blackwell Scientific Publications, 2000. 298 p.

FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HUSAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. The climate hazards infrared precipitation with stations: a new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v. 2, article 150066, 2015. DOI: https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66

GELARO, R.; MCCARTY, W.; SUÁREZ, M. J.; TODLING, R.; MOLOD, A.; TAKACS, L.; RANDLES, C.; DARMENOV, A.; BOSILOVICH, M. G.; REICHLE, R.; WARGAN, K.; COY, L.; CULLATHER, R.; DRAPER, C.; AKELLA, S.; BUCHARD, V.; CONATY, A.; SILVA, A. da; GU, W.; KIM, G.-K.; KOSTER, R.; LUCCHESI, R.; MERKOVA, D.; NIELSEN, J. E.; PARTYKA, G.; PAWSON, S.; PUTMAN, W.; RIENECKER, M.; SCHUBERT, S. D.; SIENKIEWICZ, M.; ZHAO, B. The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). **Journal of Climate**, v. 30, p. 5419-5454, 2017. DOI: https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0758.1

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; BRANDÃO, G. R. **Variação espaço-temporal dos excedentes hídricos no território brasileiro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 247). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1150230/1/Boletim-de-Pesquisa-247-Variacao-espaco-temporal-dos-excedentes-hidricos-no-territorio, Brasileiro.pdf. Acesso em: 6 abr. 2023.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; COSTA, T. C. e C. da. **Relevo digital dos municípios brasileiros**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 75). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2009-09/21395/1/Doc_75.pdf. Acesso em: 10 nov. 2021.

HOBBINS, M. T. The variability of ASCE Standardized Reference Evapotranspiration: a rigorous, CONUS-wide decomposition and attribution. **Transactions of the ASABE**, v. 59, n. 2, p. 561-576, 2016. DOI: https://doi.org/10.13031/trans.59.10975

IBGE. **Bases cartográficas contínuas - Brasil**: bc250: versão 2019. Rio de Janeiro, 2019. Escala 1:250.000. Arquivo em formato *shapefile.* Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759, Brasil.html?=&t=downloads. Acesso em: 6 maio 2021.

IBGE. **Biomas**: escala: 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 2004a. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads. Acesso em: 10 maio 2018.

IBGE. **Geomorfologia 1:250.000**: vetores: escala 250 mil: versão 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=downloads. Acesso em: 28 abr. 2022.

IBGE. **Informações ambientais**: geomorfologia: escala 250 mil: versão 2021. Rio de Janeiro, 2021. Arquivo em formato *shapefile*, escala 1:250.000. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/vetores/escala_250_mil/versao_2021/. Acesso em: 29 abr. 2022.

IBGE. **Malha municipal digital 2019**. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_ municipais/municipio_2017/Brasil/BR//. Acesso em: 12 nov. 2020.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009. 182 p. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf. Acesso em: 3 maio 2022.

IBGE. **Mapa de biomas e de vegetação**. Rio de Janeiro, 2004b. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm. Acesso em: 10 maio 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: https://bdmep.inmet.gov.br. Acesso em: 3 nov. 2021a.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Séries históricas horárias das estações meteorológicas automáticas do Inmet**. Disponível em: https://tempo.inmet.gov.br/. Acesso em: 4 nov. 2021b.

LANDAU, E. C.; MOURA, L. Configuração territorial do Brasil: divisão política, biomas, características demográficas e socioeconômicas. In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**: cenário histórico, divisão política, características demográficas, socioeconômicas e ambientais. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 3, p. 61-92. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1122609. Acesso em: 20 set. 2022.

NOCE, C. M.; RENGER, F. E. A história geológica da bacia hidrográfica. In: GOULART, E. M. A. (org.). **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**: estudos sobre a bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v. 2, p. 241-263. Disponível em: https://issuu.com/cbhriodasvelhas/docs/navegando_rio_das_velhas_das_minas__554c928ccf287a. Acesso em: 25 abr. 2022.

POLIDORO, J. C.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CARVALHO FILHO, A. de; MOTTA, P. E. F. da; CARVALHO JÚNIOR, W. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; CURCIO, G. R.; CORREIA, J. R.; MARTINS, E. de S.; SPERA, S. T.; OLIVEIRA, S. R. de M.; BOLFE, E. L.; MANZATTO, C. V.; TOSTO, S. G.; VENTURIERI, A.; SA, I. B.; OLIVEIRA, V. A. de; SHINZATO, E.; ANJOS, L. H. C. dos; VALLADARES, G. S.; RIBEIRO, J. L.; MEDEIROS, P. S. C. de; MOREIRA, F. M. de S.; SILVA, L. S. L.; SEQUINATTO, L.; AGLIO, M. L. D.; DART, R. de O. **Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. 53 p. (Embrapa Solos. Documentos, 183).

POLIDORO, J. C.; COELHO, M. R.; CARVALHO FILHO, A. de; LUMBRERAS, J. F.; OLIVEIRA, A. P. de; VASQUES, G. de M.; MACARIO, C. G. do N.; VICTORIA, D. de C.; BHERING, S. B.; FREITAS, P. L. de; QUARTAROLI, C. F.; BREFIN, M. de L. M. S. (ed.). **Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos)**: diretrizes para implementação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2021. (Embrapa Solos. Documentos, 225).

PROJETO MAPBIOMAS. **Mapas de cobertura e uso do solo no Brasil**. Disponível em: http://mapbiomas.org/. Acesso em: 10 nov. 2020.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/330132/1/Sistema-de-avaliacao-da-aptidao-agricola-das-terras-1995.pdf. Acesso em: 5 out. 2022.

SCHOBBENHAUS, C.; NEVES, B. B. de B. A geologia do Brasil no contexto da plataforma sul-americana. In: BIZZI, L. A.; SCHOBBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília, DF: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2003. p. 5-54. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/recursos_minerais/livro_geo_tec_rm/capI-a.pdf. Acesso em: 13 maio 2022.

TEIXEIRA, W.; BARROS, A.; LUMBRERAS, J.; FILHO, J.; SILVA, F.; LIMA, E.; BUENO FILHO, J.; MONTEIRO, J. **Predição da água disponível no solo em função da granulometria para uso nas análises de risco no Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2021. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 272).

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Shuttle Radar Topography Mission. **Modelo Digital de Elevação (MDE)**: versão 4: resolução: 30 metros. 2014. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov. Acesso em: 20 nov. 2020.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **The water cicle**. Disponível em: https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/o-ciclo-dagua-water-cycle-portuguese. Acesso em: 10 ago. 2022.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. **CHIRPS**: rainfall estimates from rain gauge and satellite observations. Disponível em: https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps. Acesso em: 20 out. 2021.

VIGLIO, E. P.; CUNHA, F. G. da. **Altas geoquímico da bacia do Rio das Velhas**. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2010. 181 p. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14816. Acesso em: 26 abr. 2022.