

*Mestrado Profissional*  
**Sustentabilidade em**  
**Recursos Hídricos**

**PRODUTO**

**ANÁLISE DA SAZONALIDADE DAS VAZÕES  
MÍNIMAS DE REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS – MG: Mapas**

**Lívia Mara de Oliveira Nogueira**  
**Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor**  
**Marques**

**Dr. Alisson Souza de Oliveira**

**ANÁLISE DA SAZONALIDADE DAS VAZÕES  
MÍNIMAS DE REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS – MG: Mapas**

**Universidade Vale Do Rio Verde  
2019**

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

2019

Universidade Vale do Rio Verde  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão  
Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos

Elaboração: Lívia Mara de Oliveira Nogueira

Coordenação: Dra Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

Capa:

### FICHA CATALOGRAFICA

556.18  
N778a

NOGUEIRA, Lívia Maria Oliveira Nogueira

Análise da sazonalidade das vazões mínimas de referência na Bacia do Rio das Velhas-MG. – Três Corações: Universidade Vale do Rio Verde, 2019.  
91 fls.

Orientadora: Profa. Dra. Rosângela Francisca P. Vitor Marques  
Co-orientador: Dr. Alisson Souza de Oliveira

Dissertação – Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações/  
Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos.

1. Vazão Sazonal 2. Disponibilidade Hídrica. 3. Outorga. 4. Bacia Rio das Velhas. I. Profa. Profa. Dra. Rosângela Francisca P. Vitor Marques, orient. Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações.  
II. Título.

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

**Reitora**

Prof<sup>a</sup>. Dra. Renata Mantovani de Lima

**Vice-Reitor**

Prof<sup>o</sup>. Me. Marcelo Junqueira Pereira

**Diretor Geral**

Prof<sup>o</sup>. Leandro Rodrigues de Souza

**Diretor Executivo**

Prof. Túlio Marcos Romano

**Pró-Reitor de Graduação e Assuntos Acadêmicos**

Prof. Dr. Ricardo Junqueira Del Carlo

**Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão**

Prof. Dr. Ricardo Junqueira Del Carlo

**Pró-Reitora de Assuntos Administrativos**

Prof<sup>a</sup>. Viviane Barbosa

**Coordenação do Mestrado**

Prof<sup>a</sup>. Dra. Marilia Carvalho de Melo

**Mantenedora da UninCor****Fundação Comunitária Tricordiana de Educação – FCTE**

Fundação Comunitária Tricordiana de Educação -  
FCTE Universidade Vale do Rio Verde de Três  
Corações - UNINCOR Av. Castelo Branco, 82 -  
Chácara das Rosas – Centro 37410-000 - Três  
Corações - MG Tel: (0xx) 35- 3239-1239  
E-mail: biblioteca@unincor.edu.br

Catálogo na fonte  
Bibliotecária responsável:

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

## ENDEREÇOS UNINCOR

### UNIDADE TRÊS CORAÇÕES

Av. Castelo Branco, 82 - Chácara das Rosas 37417-150 - Três Corações - Minas Gerais

e-mail:

[secretaria@unincor.edu.br](mailto:secretaria@unincor.edu.br)

Telefax: (35) 3239-1000

### UNIDADE BETIM

Rua Santa Cruz,750, Centro, Betim - Minas Gerais

e-mail:

[secretariabt@unincor.edu.br](mailto:secretariabt@unincor.edu.br)

Telefax: (31) 3514-2500

### UNIDADE BELO HORIZONTE

Av Amazonas, 3.200 – Prado - Belo Horizonte – Minas Gerais

e-mail:

[secretariabh@unincor.edu.br](mailto:secretariabh@unincor.edu.br)

Telefone: (31) 3064-6333

### UNIDADE PARÁ DE MINAS

Rua José Bahia Capanema, 440, João Paulo II Minas Gerais

e-mail:

[secretariapm@unincor.edu.br](mailto:secretariapm@unincor.edu.br)

Telefone: (37) 3232-2089

<http://www.unincor.br>

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

## SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO .....	6
2 O PRODUTO.....	7
3 ORIENTAÇÕES.....	10
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	11
REFERÊNCIAS .....	12
APÊNDICE .....	13

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

## 1 APRESENTAÇÃO

Além de ser instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, a outorga de direito de uso de recursos hídricos constitui um elemento disciplinador do uso da água nas bacias hidrográficas (SILVA, MARQUES, LEMOS, 2009).

A concessão da outorga superficial é condicionada a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, calculada a partir de uma vazão de referência. Em Minas Gerais adota-se como vazão de referência a  $Q_{7,10}$ , que é considerada como uma das mais restritivas frente a adotada por outros Estados (CASTRO, DINIZ, SILVA, 2004). Somente uma porcentagem desta vazão é outorgada, além de ser considerado um valor único calculado em base anual, limitando este valor no período de maior disponibilidade hídrica.

A análise da sazonalidade das vazões na concessão de outorgas também é uma alternativa que objetiva aumentar a oferta hídrica na bacia, possibilitando assim um melhor uso da água no período de maior disponibilidade e restringido em um período de escassez hídrica, além de ser uma solução para possíveis conflitos.

Este produto foi construído a partir da dissertação Análise da Sazonalidade das Vazões Mínimas de Referência na Bacia do Rio das Velhas – MG (2019), defendida no programa de Mestrado em Sustentabilidade e Recursos Hídricos (UninCOR), cujo objetivo foi comparar os critérios do Estado de Minas Gerais (30% da  $Q_{7,10}$ ) e da União (70% da  $Q_{95}$ ), em base anual e mensal na bacia do rio das Velhas. Além disso, avaliar ao longo da hidrografia a substituição das vazões mínimas de referência ( $Q_{7,10}$  e  $Q_{95}$ ) anuais pelas mensais.

O presente trabalho visa comparar a vazão mínima de referência ( $Q_{7,10}$ ) estimada em base mensal e anual, afim de avaliar a diferença relativa da disponibilidade hídrica na vazão outorgável.

Neste relatório são apresentados os mapas que foram gerados a partir dos dados obtidos de  $Q_{7,10}$ , onde foi possível avaliar ao longo da hidrografia a substituição da vazão mínima de referência ( $Q_{7,10}$ ) anual pela mensal, através da diferença relativa ( $DH\%$ ).

Os dados obtidos através desta análise foram divididos em intervalos de classe e especializados nos mapas, objeto deste produto, no qual os rios foram representados por cores de acordo com a classe de diferença relativa que se enquadram, possibilitando uma análise por trecho.

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

## 2 O PRODUTO

Os mapas da diferença relativa entre o critério mensal e anual foram desenvolvidos a partir do cálculo da  $Q_{7,10}$  e da regionalização das vazões.

Para o cálculo da vazão mínima de referência  $Q_{7,10}$ , em base anual e sazonal, utilizou-se o Sistema Computacional para Análises Hidrológicas - SisCAH 1.0, através da série histórica pré-definida e da seleção da função de probabilidade que melhor se ajustou a cada uma das séries (anuais e mensais) levando em consideração os menores valores de erro e amplitude do intervalo de confiança.

Após a obtenção da vazão mínima de referência  $Q_{7,10}$ , em base anual e sazonal, para cada estação de referência da bacia, foi necessário realizar a regionalização das vazões como uma alternativa para a obtenção das informações hidrológicas para bacia como um todo.

Para a determinação das equações de regionalização das vazões da bacia em estudo utilizou-se o Sistema Computacional para Regionalização de Vazões - SisCoRV 1.0, empregando o método Tradicional por ter sido o método que melhor representou o comportamento das vazões mínimas na bacia do rio das Velhas.

Estas equações foram calculadas a partir do método que envolve a definição prévia das regiões hidrologicamente homogêneas, análise das condições mais representativas das vazões para a bacia, os melhores ajustes estatísticos e, em seguida, na obtenção das equações que permitem associar a variável dependente  $Q_{7,10}$ , com as variáveis independentes área e precipitação.

Para a definição da equação de regionalização foram avaliados os melhores ajustes estatísticos, com base no maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ), e nos menores valores de erro padrão e amplitudes dos valores dos resíduos entre o valor observado e o estimado.

Além disso, foram avaliados, por meio de gráficos de barra disponibilizados pelo SisCoRV 1.0, o comportamento das vazões mínimas calculadas sendo estas comparadas as vazões observadas para cada estação fluviométrica utilizada neste estudo.

Assim, analisando de forma conjunta todos os índices estatísticos, os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o modelo potencial apresentou o melhor desempenho com a utilização da variável explicativa  $P_{eq750}$ .

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG



Os valores dos índices estatísticos aplicados para a seleção da equação de regionalização e da variável explicativa estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores dos índices estatísticos aplicados para seleção da equação de regionalização potencial e da variável explicativa

<b>Período</b>	<b>Q<sub>7,10</sub></b>		
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>Amplitude do Resíduo</b>
<b>Anual</b>	0,72875	0,99857	123,4890
<b>Janeiro</b>	0,91999	0,44024	10,1900
<b>Fevereiro</b>	0,90005	0,47597	12,6268
<b>Março</b>	0,9095	0,46109	12,1974
<b>Abril</b>	0,9313	0,40574	9,1945
<b>Mai</b>	0,89467	0,51587	17,0748
<b>Junho</b>	0,86215	0,60683	25,3537
<b>Julho</b>	0,81827	0,72624	43,7968
<b>Agosto</b>	0,79845	0,79505	54,3444
<b>Setembro</b>	0,7406	0,95614	102,2674
<b>Outubro</b>	0,75871	0,93483	86,7751
<b>Novembro</b>	0,83733	0,72439	40,1704
<b>Dezembro</b>	0,94163	0,38445	8,8681

Desta forma, foram selecionadas as equações apresentadas na Tabela 2 para regionalização da Q<sub>7,10</sub>.

Tabela 2- Equações utilizadas para a regionalização da área de estudo das  $Q_{7,10}$  sazonais e anual

$Q_{7,10}$	Equação
<b>Anual</b>	$Q_{7,10} = 0,055078 \times P_{eq750}^{1,16303}$
<b>Janeiro</b>	$Q_{7,10} = 0,23581 \times P_{eq750}^{1,04937}$
<b>Fevereiro</b>	$Q_{7,10} = 0,24756 \times P_{eq750}^{1,00494}$
<b>Março</b>	$Q_{7,10} = 0,23629 \times P_{eq750}^{1,02770}$
<b>Abril</b>	$Q_{7,10} = 0,19731 \times P_{eq750}^{1,04964}$
<b>Mai</b>	$Q_{7,10} = 0,16006 \times P_{eq750}^{1,05815}$
<b>Junho</b>	$Q_{7,10} = 0,13332 \times P_{eq750}^{1,06977}$
<b>Julho</b>	$Q_{7,10} = 0,10760 \times P_{eq750}^{1,08885}$
<b>Agosto</b>	$Q_{7,10} = 0,08168 \times P_{eq750}^{1,11938}$
<b>Setembro</b>	$Q_{7,10} = 0,06386 \times P_{eq750}^{1,14706}$
<b>Outubro</b>	$Q_{7,10} = 0,06036 \times P_{eq750}^{1,17553}$
<b>Novembro</b>	$Q_{7,10} = 0,08490 \times P_{eq750}^{1,16004}$
<b>Dezembro</b>	$Q_{7,10} = 0,20145 \times P_{eq750}^{1,08442}$

Posteriormente foram comparados os valores obtidos de  $Q_{7,10}$  em base sazonal e anual, afim de avaliar a diferença relativa da disponibilidade hídrica.

Com as equações de regionalização os dados obtidos através desta análise foram expandidos para todos os cursos d'água da bacia do rio das Velhas que foram divididos em intervalos de classe e especializados nos mapas desenvolvidos, onde foi atribuída cores para os rios de acordo com a classe de diferença relativa que se enquadram possibilitando a análise da diferença por trecho.

### **3 ORIENTAÇÕES**

Os mapas desenvolvidos podem ser consultados pelos órgãos gestores com o intuito de dar suporte na avaliação de uma possível alteração na metodologia da concessão de outorga de direito de uso de recursos hídricos, visualizando os principais cursos d'água com os maiores potenciais para aumento na concessão de outorga.

Além disso, estes mapas podem ser um norteador para a comunidade acadêmica, como os discentes e docentes de áreas afins, desenvolverem trabalhos semelhantes para outras bacias hidrográficas.

Este material possibilitará ao público alvo a oportunidade de visualizar a diferença relativa da disponibilidade hídrica do critério anual, atualmente adotado como premissa no estudo de outorga, e do critério sazonal.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com o produto desenvolvido foi possível avaliar a diferença da  $Q_{7,10}$  anual para a sazonal ao longo da bacia do rio das Velhas, onde foi constatado, de uma forma geral, que a  $Q_{7,10}$ , calculada em base mensal apresenta potencial, com aumento expressivo do volume permissível para outorga a fio d'água, em todos os meses, variando de 2,58 a 936%, sendo o maior valor ocorrendo no mês de dezembro. Isso poderá influenciar em um aumento da parcela outorgável para aquele trecho em questão, e conseqüentemente reduzir um potencial conflito pelo uso da água.

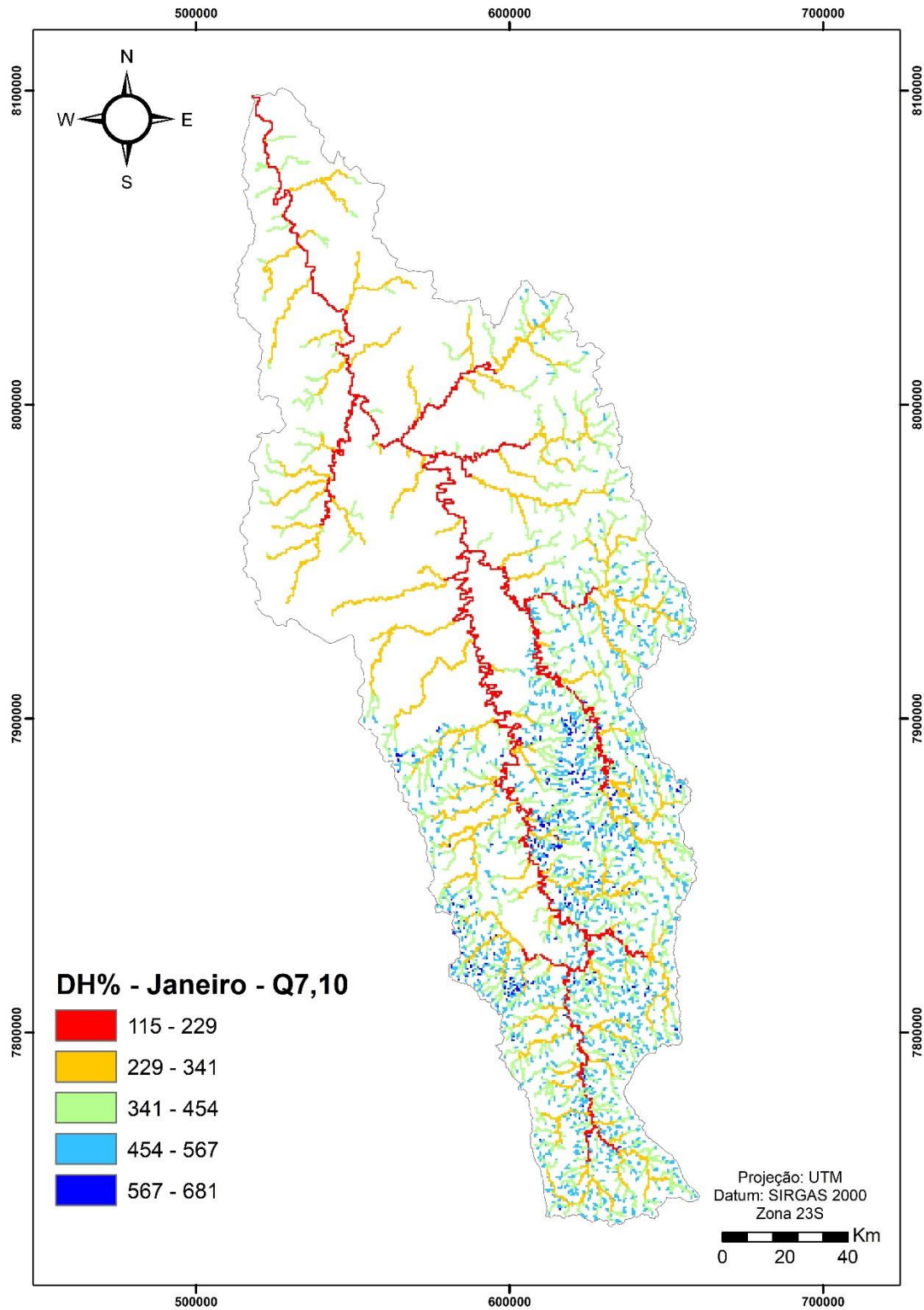
## REFERÊNCIAS

CASTRO, L. M. A.; DINIZ M. G. M.; SILVA, A. G. Aplicação do instrumento da outorga no gerenciamento dos recursos hídricos em Minas Gerais: a bacia do ribeirão Entre Ribeiros. **VII Simpósio de Recursos Hídricos no Nordeste**, São Luiz, 2004.

NOGUEIRA, L. M. O. **Análise da Sazonalidade das Vazões Mínimas de Referência na Bacia do Rio das Velhas – MG**. 2019. 88f. Dissertação (Programa Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos) – Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, Três Corações, 2019.

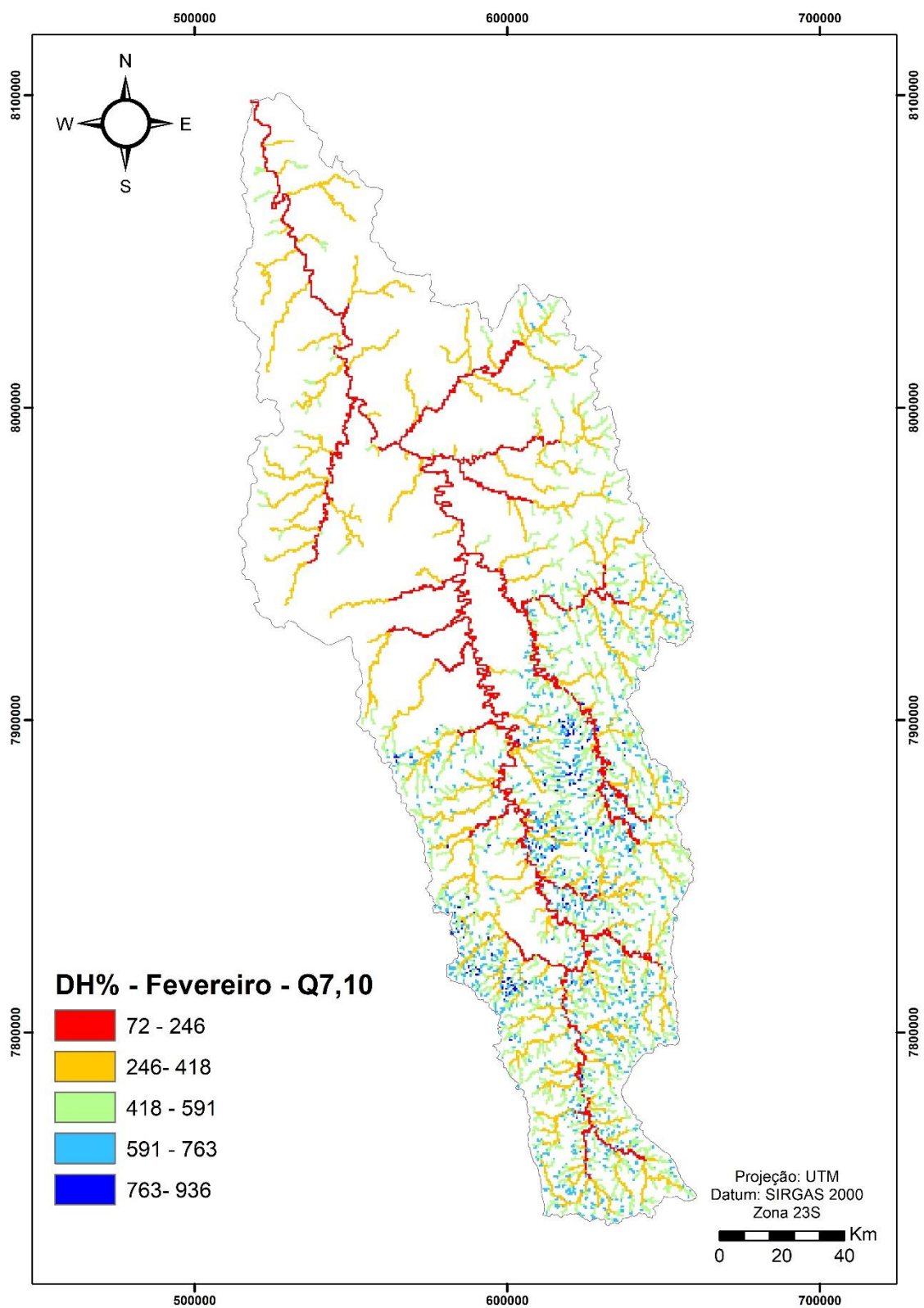
SILVA, D. D.; MARQUES, F. A.; LEMOS, A. F. Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para bacia do Rio São Francisco. **Engenharia na agricultura**, v. 17, n. 5, p. 392-403, 2009.

## APÊNDICE

Apêndice A. Diferença relativa entre a  $Q_{7,10}$  de janeiro e a  $Q_{7,10}$  anual

Livia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

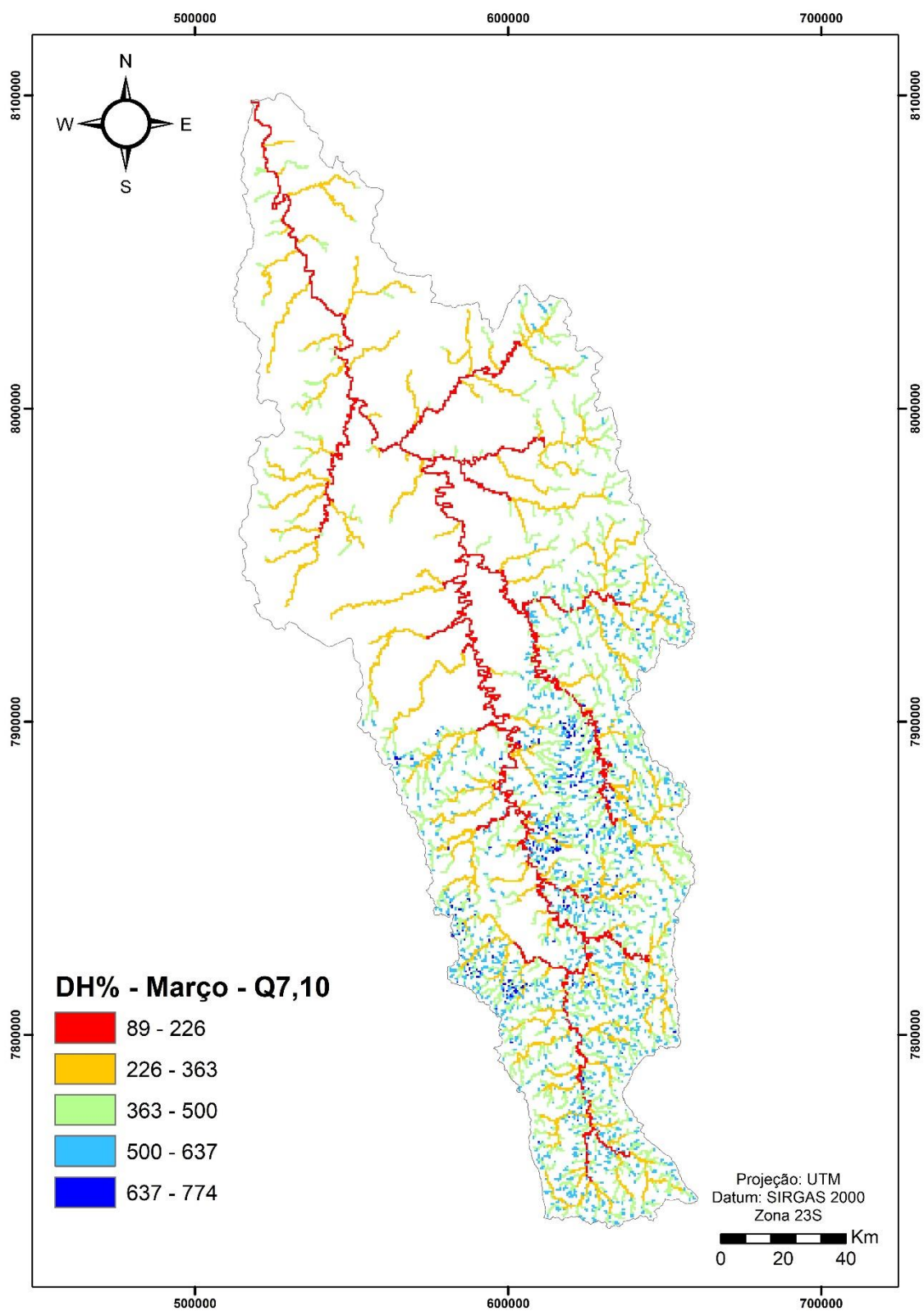
ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

**Apêndice B.** Diferença relativa entre a  $Q_{7,10}$  de fevereiro e a  $Q_{7,10}$  anual

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

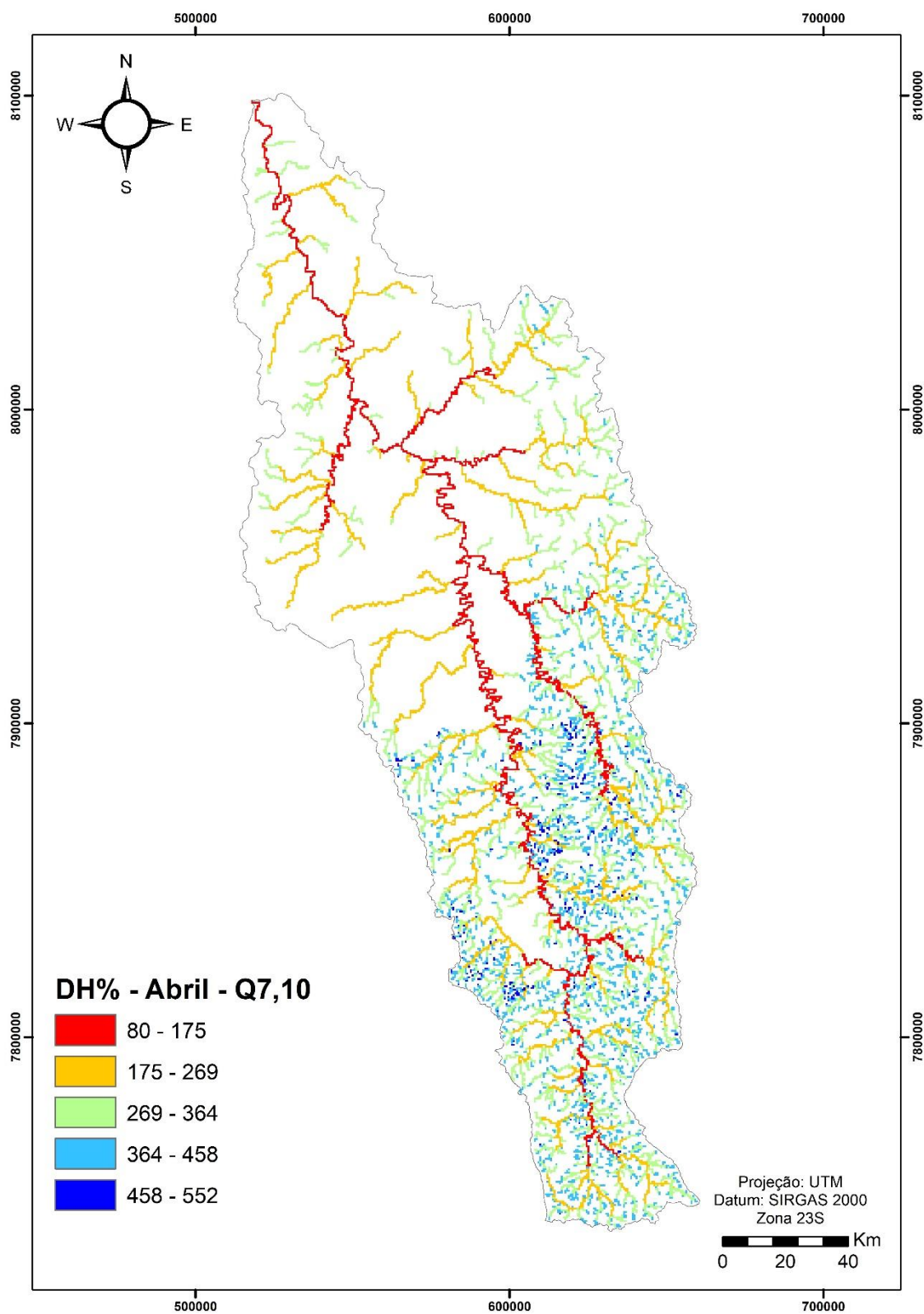
### Apêndice C. Diferença relativa entre a $Q_{7,10}$ de março e a $Q_{7,10}$ anual



Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

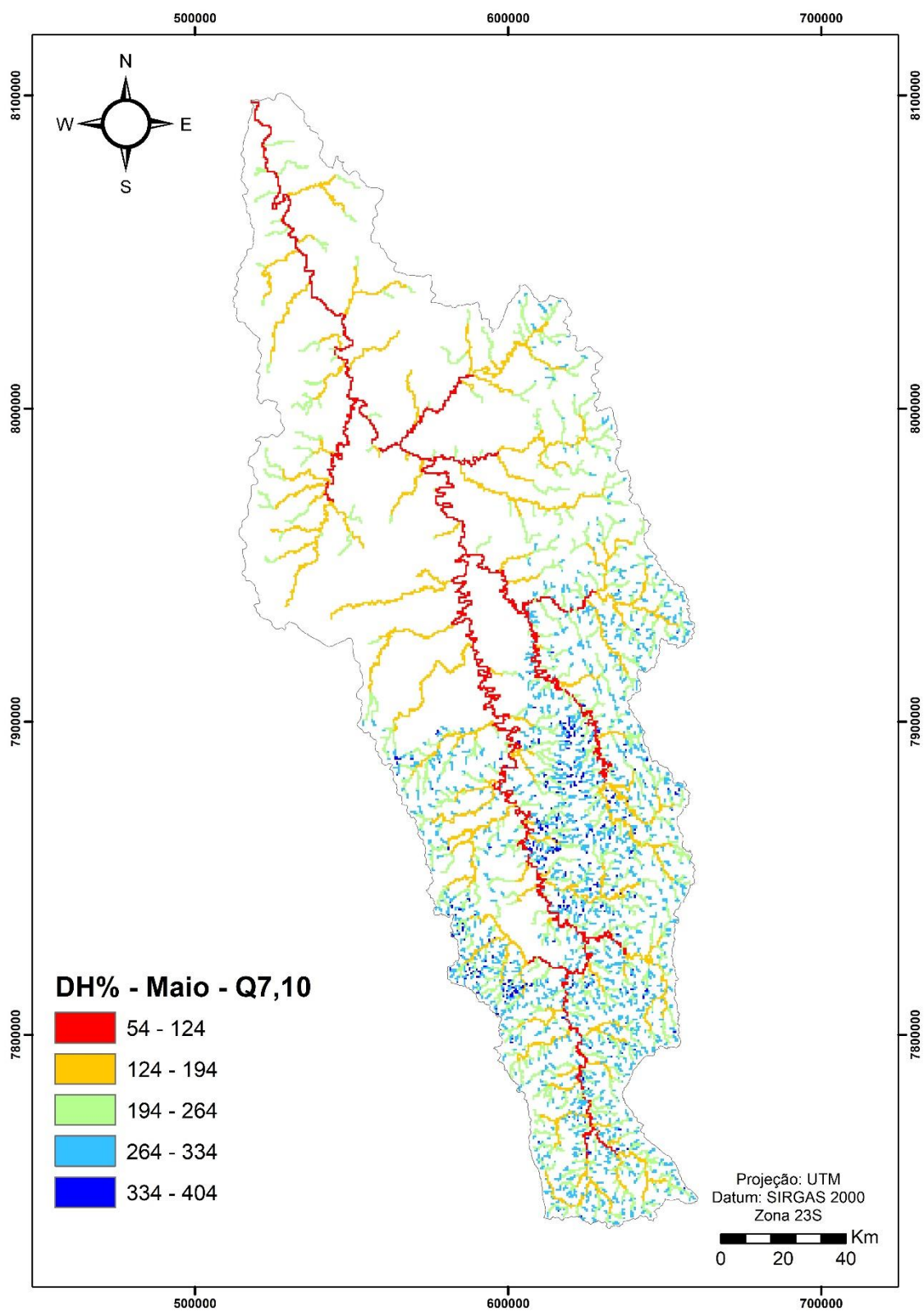


**Apêndice D.** Diferença relativa entre a  $Q_{7,10}$  de abril e a  $Q_{7,10}$  anual

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

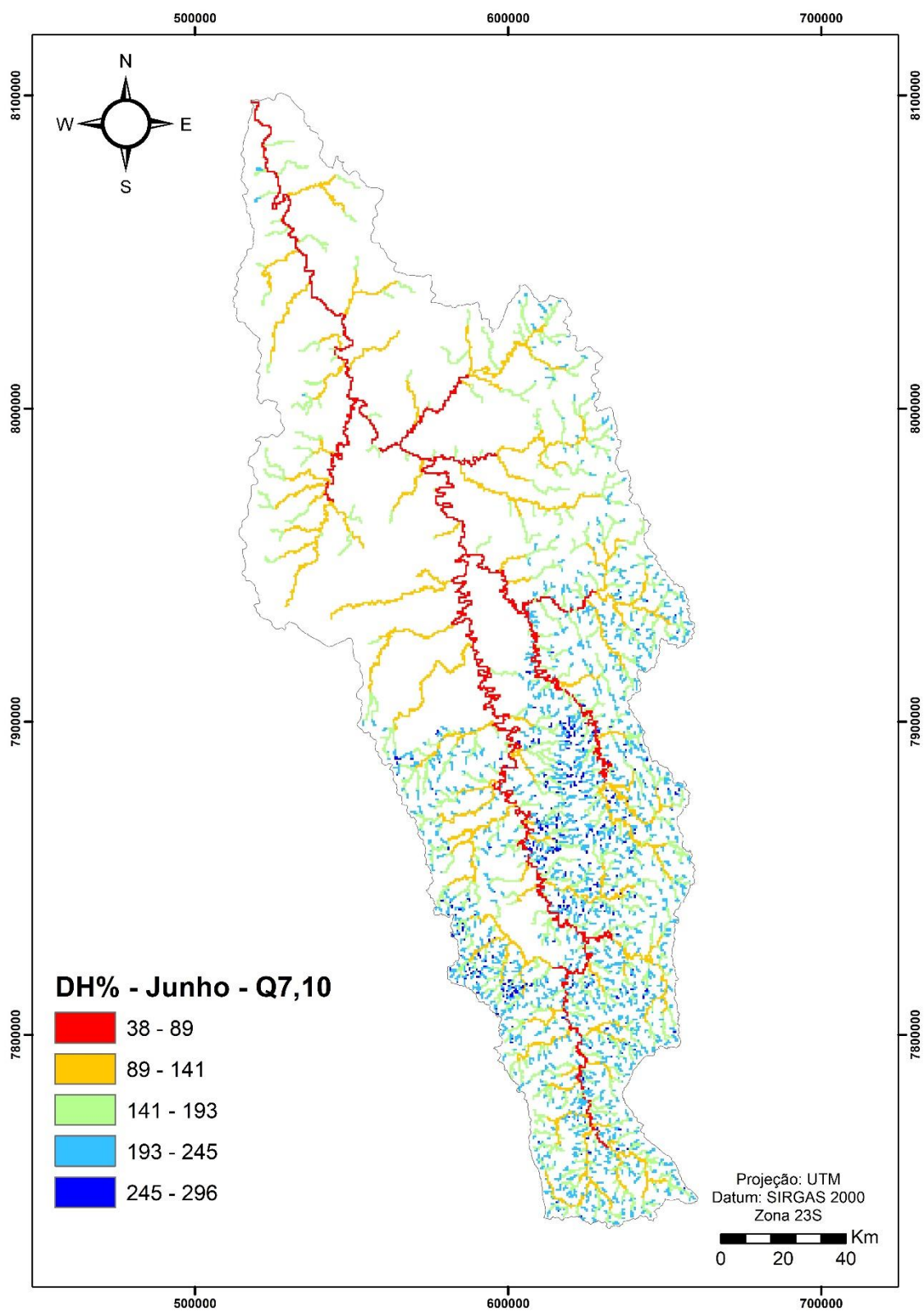
### Apêndice E. Diferença relativa entre a $Q_{7,10}$ de maio e a $Q_{7,10}$ anual



Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

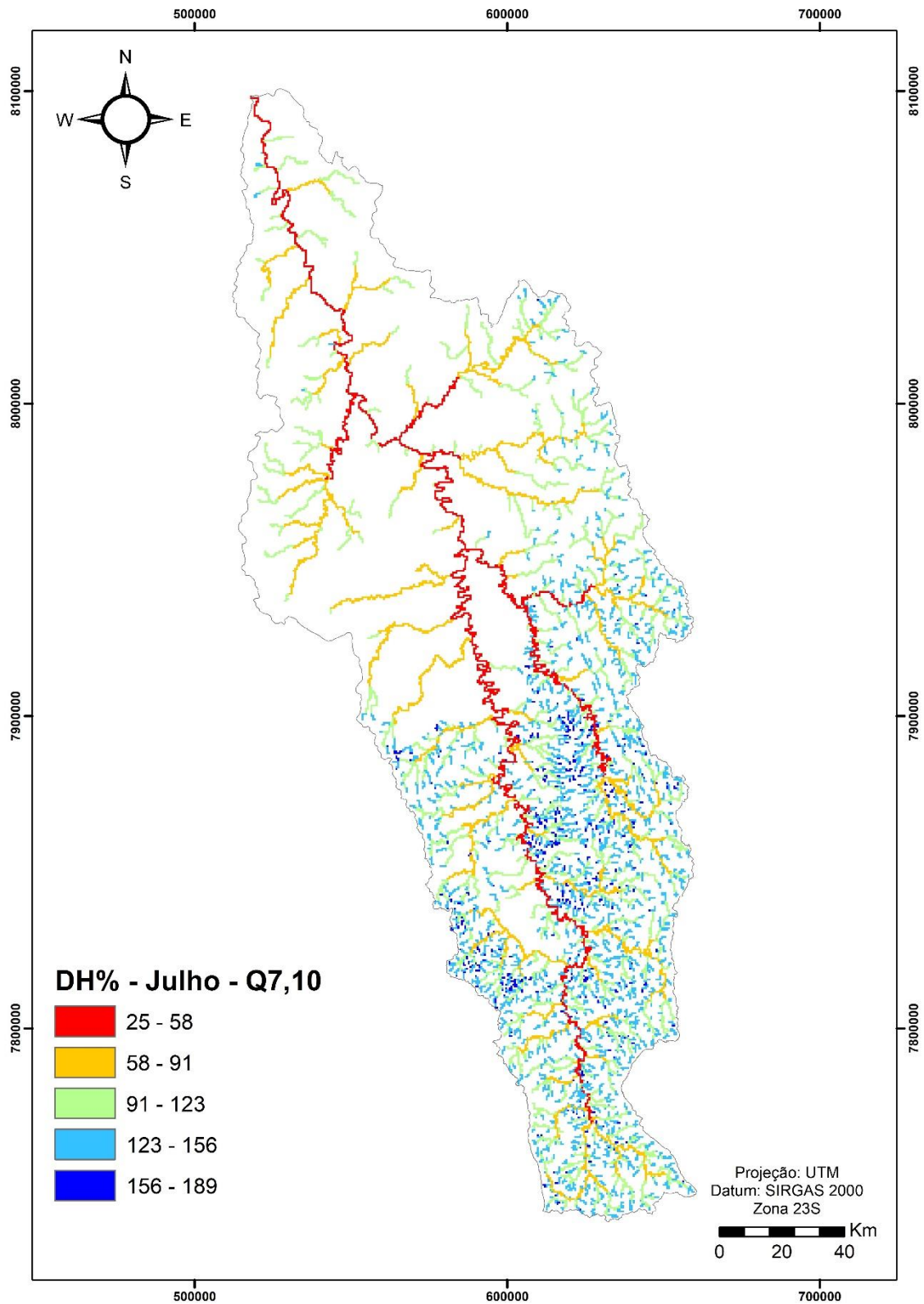
### Apêndice F. Diferença relativa entre a $Q_{7,10}$ de junho e a $Q_{7,10}$ anual



Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

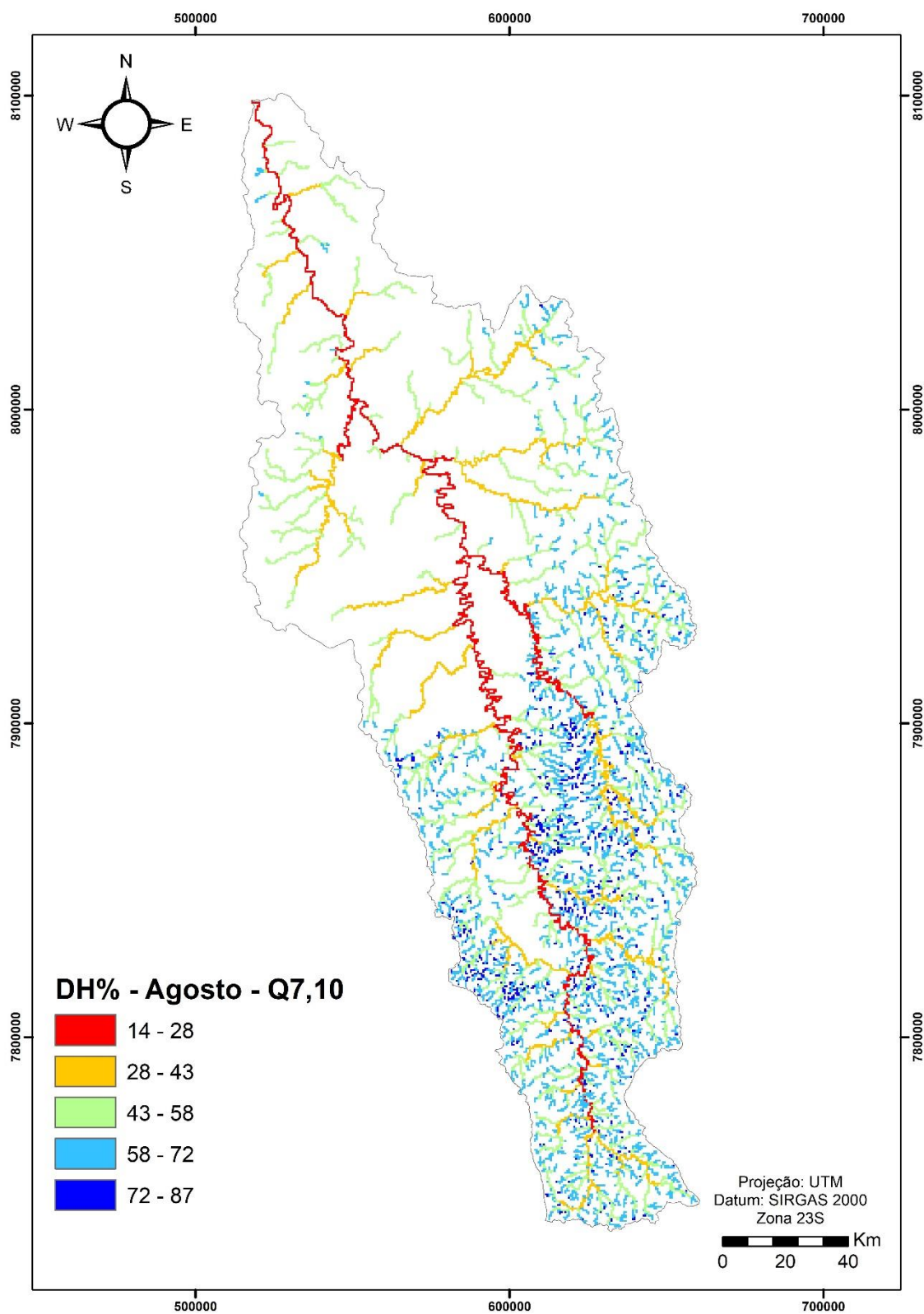
### Apêndice G. Diferença relativa entre a $Q_{7,10}$ de julho e a $Q_{7,10}$ anual



Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

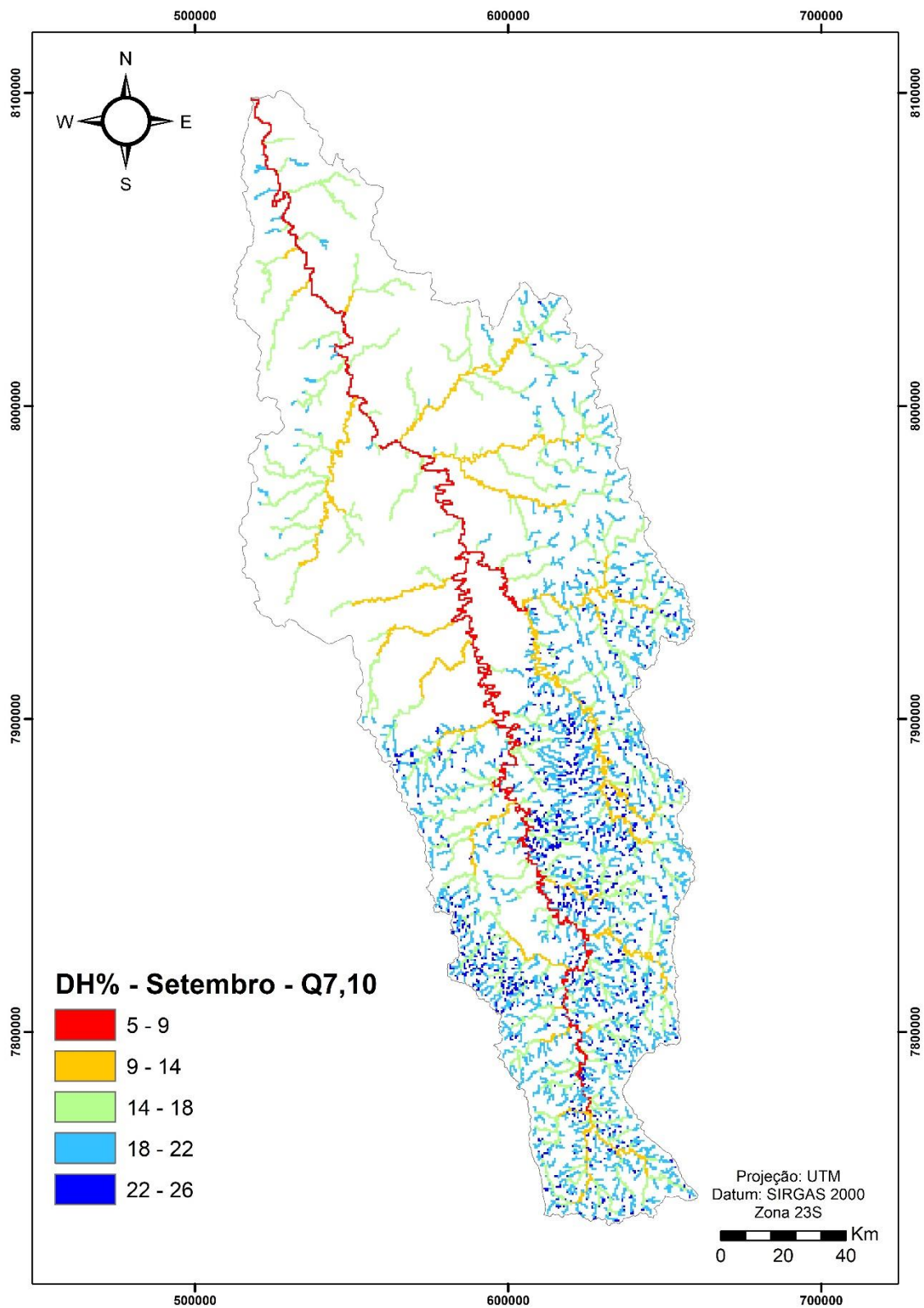
ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

### Apêndice H. Diferença relativa entre a $Q_{7,10}$ de agosto e a $Q_{7,10}$ anual



Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
 Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
 Alisson Souza Oliveira

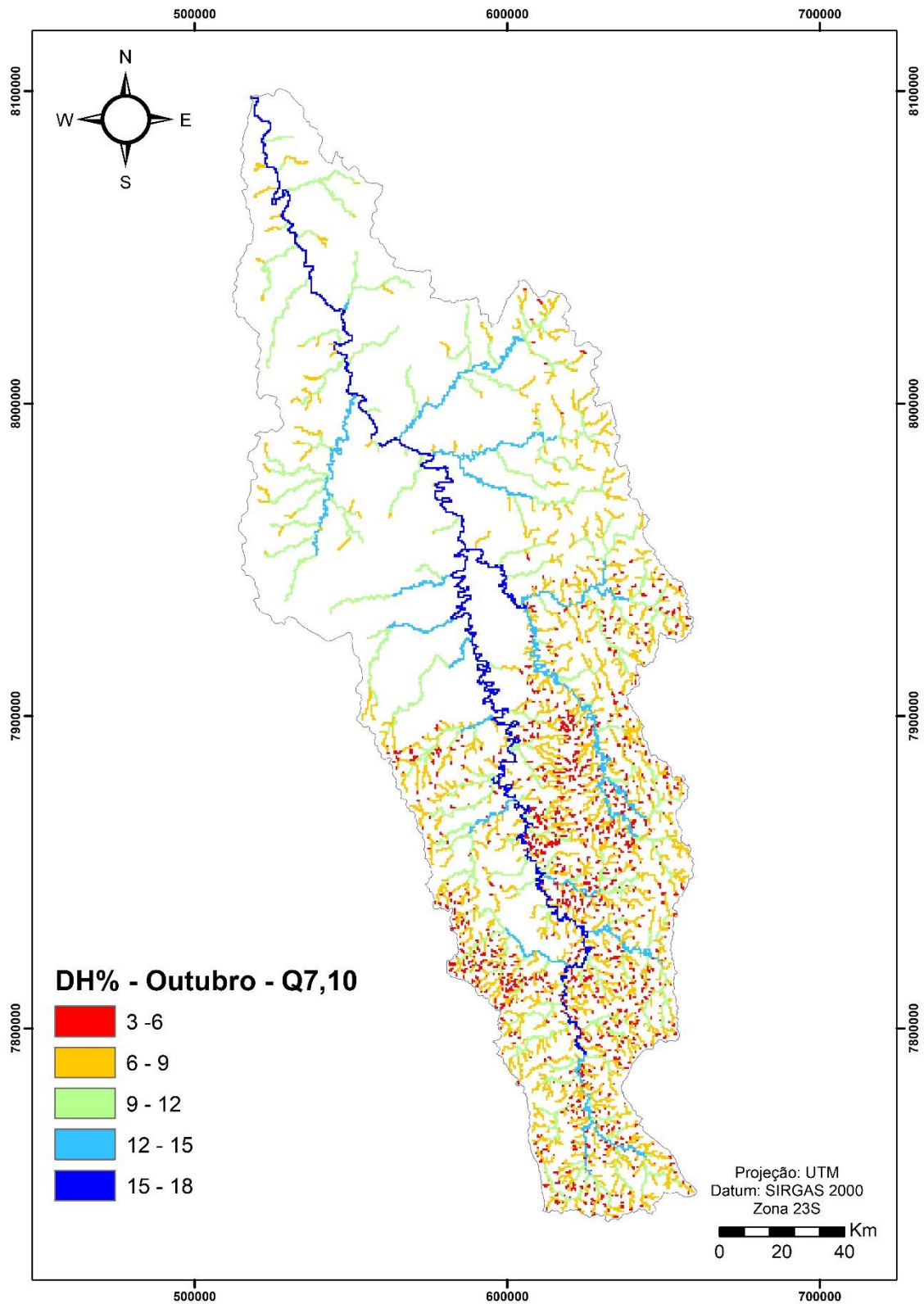
ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
 DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
 REFERÊNCIA NA BACIA DO  
 RIO DAS VELHAS - MG

**Apêndice I.** Diferença relativa entre a  $Q_{7,10}$  de setembro e a  $Q_{7,10}$  anual

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

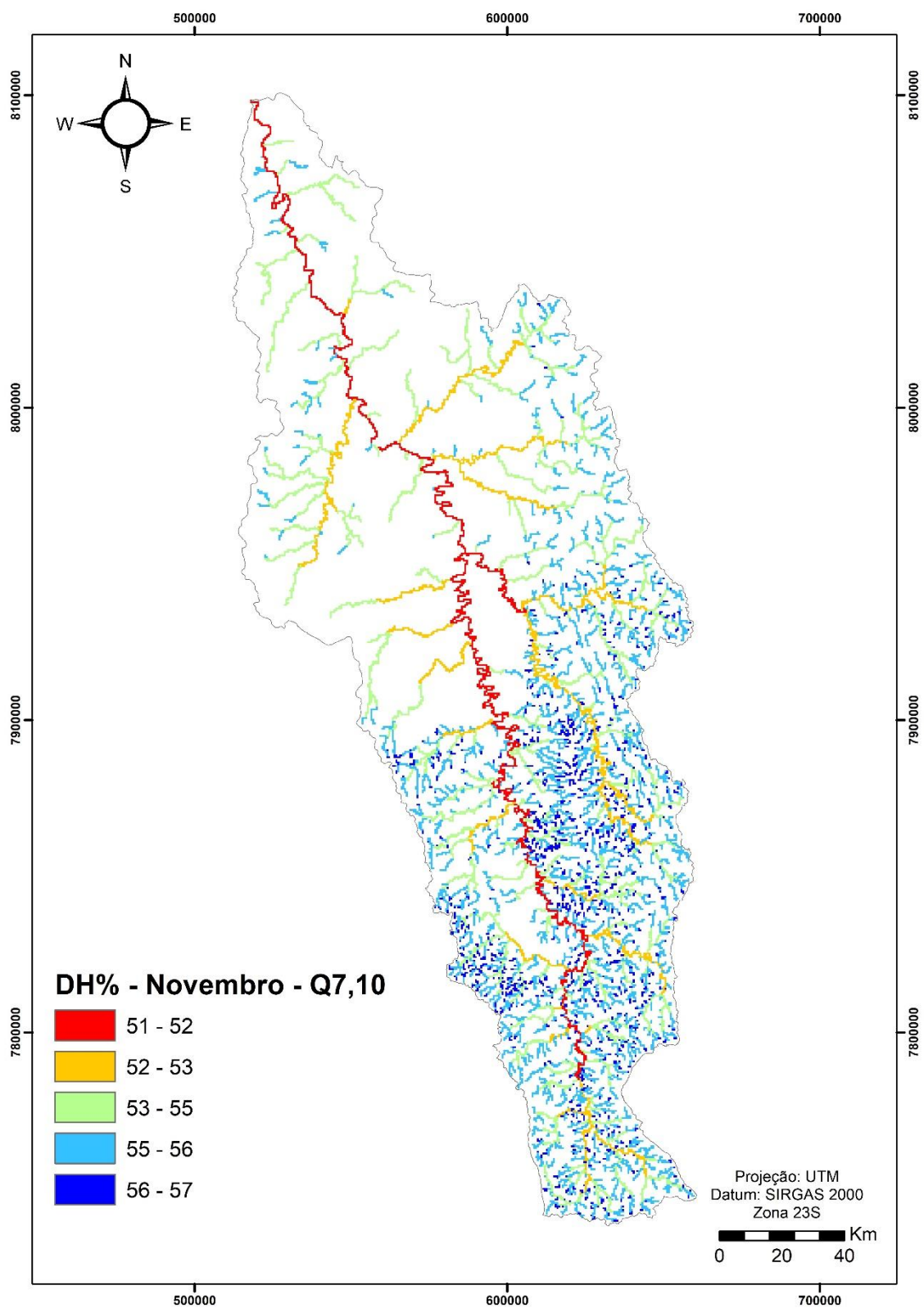
ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

### Apêndice J. Diferença relativa entre a $Q_{7,10}$ de outubro e a $Q_{7,10}$ anual



Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG

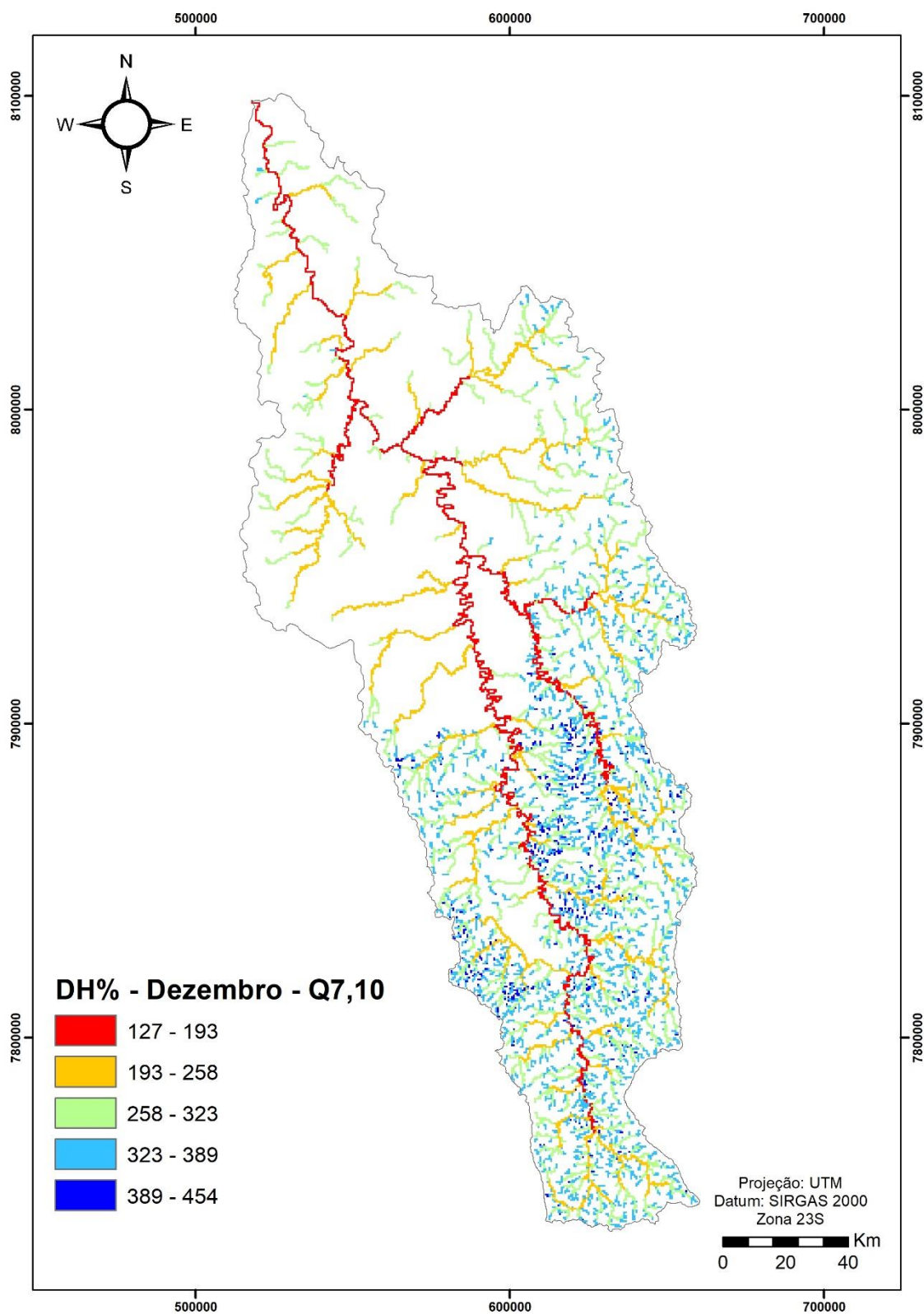
**Apêndice K.** Diferença relativa entre a  $Q_{7,10}$  de novembro e a  $Q_{7,10}$  anual

Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG



### Apêndice L. Diferença relativa entre a $Q_{7,10}$ de dezembro e a $Q_{7,10}$ anual



Lívia Mara de Oliveira Nogueira  
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques  
Alisson Souza Oliveira

ANÁLISE DA SAZONALIDADE  
DAS VAZÕES MÍNIMAS DE  
REFERÊNCIA NA BACIA DO  
RIO DAS VELHAS - MG