



**WayCarbon**

**ANÁLISE DE VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE**

**RELATÓRIO FINAL**

**PBH  
JUNHO/2016  
VERSÃO 1.0.0**

<b>CLIENTE</b>	 <b>PREFEITURA BELO HORIZONTE</b>
<b>PROJETO</b>	<p>Análise de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas do Município de Belo Horizonte</p> <p>PBH-MOV-15</p>
<b>ENTREGÁVEL</b>	<p>Produto 03 - Relatório Final</p>
<b>AUTORES</b>	<p>Marco Follador (<a href="mailto:mfollador@waycarbon.com">mfollador@waycarbon.com</a>); André Rocha; Ciro Vaz; Melina Amoni; Thiago Vieira; Virgílio Pereira; Felipe Bittencourt.</p>

### HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Nome do documento	Data	Natureza da revisão/alteração
<b>Análise de vulnerabilidade</b>	02/06/2016	Versão 1.0.0 - Versão inicial

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de entrada do modelo de impacto potencial às inundações. ....	11
Tabela 2: Sensibilidade - Regionais Administrativas.....	13
Tabela 3: Exposição - Regionais Administrativas.....	15
Tabela 4: Impacto potencial às inundações - Regionais Administrativas. ....	19
Tabela 5: Dados de entrada do modelo de impacto potencial ao deslizamento. ....	24
Tabela 6: Porcentagem da área de impacto potencial por Regional. ....	29
Tabela 7: Dados de entrada de sensibilidade socioambiental para o modelo de impacto potencial sobre a distribuição de dengue no município de Belo Horizonte.....	31
Tabela 8: Dados de entrada de exposição climática para o modelo de impacto potencial sobre a distribuição de dengue no município de Belo Horizonte. ....	32
Tabela 9: Sensibilidade à dengue- Regionais Administrativas. ....	34
Tabela 10: Exposição climática à dengue - Regionais Administrativas.....	36
Tabela 11: Impacto potencial à dengue - Regionais Administrativas. ....	36
Tabela 12: Dados de entrada para o modelo de ondas de calor.....	43
Tabela 13: Exposição Climática às Ondas de Calo - Regionais Administrativas.....	47
Tabela 14: Dados de entrada do modelo de Capacidade de Adaptação a Inundações. ..	53
Tabela 15: Capacidade de Adaptação - Regionais Administrativas. ....	55
Tabela 16: Vulnerabilidade às inundações - Regionais Administrativas (sem medidas de adaptação).....	60
Tabela 17: Vulnerabilidade às inundações - Regionais Administrativas (com medidas de adaptação).....	60
Tabela 18: Dados de entrada para o modelo de deslizamento .....	66
Tabela 19: Média de Capacidade de Adaptação a deslizamentos. ....	67
Tabela 20: Vulnerabilidade ao Deslizamento. ....	68
Tabela 21: Dados de entrada para o indicador de capacidade de adaptação à dengue. ....	72
Tabela 22: Capacidade de adaptação à dengue- Regionais Administrativas .....	73
Tabela 23: Vulnerabilidade à dengue - Regionais Administrativas.....	74
Tabela 24: Área dos <i>Hotspots</i> de vulnerabilidade à dengue.....	78
Tabela 25: Dados de entrada para o modelo de ondas de calor.....	81
Tabela 26: Vulnerabilidade às ondas de calor - Regionais Administrativas .....	83
Tabela 27: Vulnerabilidade em Belo Horizonte - Regionais Administrativas.....	87
Tabela 28: Área dos <i>hotspots</i> de vulnerabilidade em Belo Horizonte - Regionais Administrativas .....	89
Tabela 29: Quantidade de bairros <i>hotspots</i> de vulnerabilidade em Belo Horizonte.....	89
Tabela 30: Classificação dos bairros com maior índice de vulnerabilidade .....	91
Tabela 31: Composição dos principais <i>hotspots</i> de vulnerabilidade de Belo Horizonte.....	92

## LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Variação do Tempo de Retorno de Eventos Extremos de Chuva que causam Inundações em Belo Horizonte. ....	16
Gráfico 2: Perfil de Vulnerabilidade às inundações - 2016 e 2030 .....	61
Gráfico 3: Perfil de Vulnerabilidade às inundações com medidas de adaptação em 2030 .....	61
Gráfico 4: Perfil de Vulnerabilidade ao Deslizamento em 2014 e 2030 .....	70
Gráfico 5: Perfil de Vulnerabilidade à Dengue em 2016 e 2030. ....	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de sensibilidade às inundações de Belo Horizonte. ....	12
Figura 2 - Exposição às inundações em 2016. ....	14
Figura 3 - Exposição às inundações em 2030. ....	14
Figura 4 - Impacto potencial às inundações em 2016. ....	18
Figura 5 - Impacto potencial às inundações em 2030. ....	18
Figura 6 - Validação da modelagem de impacto potencial às inundações de Belo Horizonte. ....	20
Figura 7 - Sensibilidade ao deslizamento de Belo Horizonte. ....	25
Figura 8 - Variação dos Extremos Climáticos - 2014 a 2030. ....	26
Figura 9 - Impacto potencial ao deslizamento em 2014. ....	28
Figura 10 - Impacto potencial ao deslizamento em 2030. ....	28
Figura 11 - Sensibilidade socioambiental à dengue em Belo Horizonte. ....	33
Figura 12 - Exposição climática à dengue em 2016. ....	35
Figura 13 - Exposição climática à dengue em 2030. ....	35
Figura 14 - Impacto potencial à dengue em 2016. ....	37
Figura 15 - Impacto potencial à dengue em 2030. ....	37
Figura 16 - Ilustração da validação do impacto potencial à dengue em Belo Horizonte. ....	38
Figura 17 - Sensibilidade às ondas de calor em Belo Horizonte. ....	44
Figura 18 - Exposição às ondas de calor em 2016. ....	46
Figura 19 - Exposição às ondas de calor em 2030. ....	46
Figura 20 - Impacto Potencial às ondas de calor em 2016. ....	48
Figura 21 - Impacto Potencial às ondas de calor em 2030. ....	48
Figura 22 - Capacidade de Adaptação a Inundação em 2016. ....	54
Figura 23 - Capacidade de Adaptação a Inundação em 2030. ....	54
Figura 24 - Vulnerabilidade às inundações em 2016. ....	59
Figura 25 - Vulnerabilidade às inundações em 2030. ....	59
Figura 26 - Média de Capacidade de Adaptação por Regional. ....	67
Figura 27 - Vulnerabilidade ao deslizamento em 2016. ....	69
Figura 28 - Vulnerabilidade ao deslizamento em 2030. ....	69
Figura 29 - Capacidade de adaptação à dengue em Belo Horizonte. ....	73
Figura 30 - Vulnerabilidade à Dengue em 2016. ....	75
Figura 31 - Vulnerabilidade à Dengue em 2030. ....	75
Figura 32 - Hotspots de vulnerabilidade à dengue em 2016. ....	77
Figura 33 - Hotspots de vulnerabilidade à dengue em 2030. ....	77
Figura 34 - Capacidade de adaptação às ondas de calor em Belo Horizonte. ....	82
Figura 35 - Vulnerabilidade às ondas de calor em 2016. ....	84
Figura 36 - Vulnerabilidade às ondas de calor em 2030. ....	84
Figura 37 - Vulnerabilidade de Belo Horizonte às mudanças climáticas em 2016. ....	88
Figura 38 - Vulnerabilidade de Belo Horizonte às mudanças climáticas em 2030. ....	88
Figura 39 - Hotspots de vulnerabilidade de Belo Horizonte em 2016. ....	90
Figura 40 - Hotspots de vulnerabilidade de Belo Horizonte em 2030. ....	90
Figura 41 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2016 - Centro-Sul. ....	93
Figura 42 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2030 - Centro-Sul. ....	93
Figura 43 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2016 - Norte/Nordeste. ....	93
Figura 44 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2030 - Norte/Nordeste. ....	93
Figura 45 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2016 - Norte/Pampulha. ....	94

Figura 46 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2030 - Norte/Pampulha.....	94
Figura 47 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2016 - Leste.....	94
Figura 48 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2030 - Leste.....	94
Figura 49- Fluxos de informações na análise de vulnerabilidade. ....	103

**SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO AO ESTUDO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. IMPACTOS .....</b>	<b>10</b>
2.1 INUNDAÇÃO.....	10
2.1.1 Introdução .....	10
2.1.2 Dados .....	11
2.1.3 Resultados .....	12
2.1.4 Discussão .....	21
2.2 DESLIZAMENTO.....	23
2.2.1 Introdução .....	23
2.2.2 Dados .....	24
2.2.3 Resultados .....	24
2.2.4 Discussão .....	29
2.3 DENGUE.....	30
2.3.1 Introdução .....	30
2.3.2 Dados .....	31
2.3.3 Resultados .....	32
2.3.4 Discussão .....	39
2.4 ONDAS DE CALOR.....	42
2.4.1 Introdução .....	42
2.4.2 Dados .....	43
2.4.3 Resultados .....	43
2.4.4 Discussão .....	49
<b>3. VULNERABILIDADE.....</b>	<b>50</b>
3.1 Análise de vulnerabilidade e estratégia de adaptação.....	50
3.1.1 Abordagem de modelagem conceitual.....	51
3.2 VULNERABILIDADE À INUNDAÇÃO.....	53
3.2.1 Capacidade de adaptação .....	53
3.2.2 Resultados .....	58
3.2.3 Discussão .....	64
3.3 VULNERABILIDADE AO DESLIZAMENTO .....	66
3.3.1 Capacidade de Adaptação.....	66
3.3.2 Resultados .....	68
3.3.3 Discussão .....	70
3.4 VULNERABILIDADE À DENGUE.....	72
3.4.1 Capacidade de adaptação .....	72
3.4.2 Resultados .....	74
3.4.3 Discussão .....	78
3.5 VULNERABILIDADE ÀS ONDAS DE CALOR.....	81
3.5.1 Capacidade de adaptação .....	81
3.5.2 Resultados .....	82
3.5.3 Discussão .....	85
3.6 VULNERABILIDADE DE BELO HORIZONTE .....	87
3.6.1 Conclusão .....	98
<b>4. GLOSSÁRIO.....</b>	<b>101</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>105</b>

## 1. INTRODUÇÃO AO ESTUDO

No Brasil, mais de 80 % da população vive em cidades e esta tendência deverá aumentar devido à migração interna das áreas rurais. Essa dinâmica contribui ainda mais para a segregação espacial, desigualdades sociais e degradação ambiental. No enfoque das mudanças climáticas, o aumento da urbanização, por si só, já é um fator agravante na elevação de emissão dos gases de efeito estufa, tornando-se ainda mais relevante quando associado aos padrões de vida urbana. Desse modo, essa condição, associada ao grande adensamento humano proporcionado pela urbanização, favorece a propensão a perdas e danos econômicos, ambientais e sociais, influenciados pelas alterações no clima.

Em contrapartida, a capacidade de uma cidade reagir a tais situações de estresse, devido ao impacto direto e indireto das mudanças climáticas, é também fortemente influenciada pelas desigualdades sociais e econômicas. Essas divergências criam no meio urbano, grupos mais sensíveis e com menor capacidade de adaptação. Neste sentido, a análise da vulnerabilidade de uma cidade às mudanças climáticas, torna-se fundamental para a indicação de medidas de adaptação em escalas apropriadas. Em geral, a maioria das cidades apresentam um atraso na implementação de infraestrutura adequada para suportar a aceleração do crescimento urbano e os efeitos das mudanças no clima. Nesse contexto, o município de Belo Horizonte, sexta maior cidade em número de habitantes do Brasil (2.491.109 habitantes) (IBGE, 2013)), se antecipa com o propósito de fundamentar o seu plano de adaptação às mudanças climáticas, partindo assim do ponto inicial que refere-se a análise de vulnerabilidade.

Portanto, o objetivo geral deste estudo foi realizar uma análise de vulnerabilidade às mudanças climáticas no município de Belo Horizonte, considerando o cenário atual e projeções para o ano de 2030. Foi adotada a metodologia utilizada no Quarto Relatório de Avaliação do Painel de Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR4 - IPCC, 2007), que descreve a vulnerabilidade como resultado dos impactos gerados pelos índices de exposição climática e sensibilidade física agregados à capacidade de adaptação. O cálculo de cada índice e a escolha das variáveis mais adequadas para caracterizá-los dependeram estritamente dos atributos socioeconômicos e biogeográficos do contexto local, da disponibilidade de dados de qualidade e das prioridades estabelecidas pela Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Diante disto e das preocupações

inerentes aos eventos de mudanças no clima, estabeleceu-se os seguintes indicadores de potenciais impactos para a composição desta análise de vulnerabilidade:

- **Inundação;**
- **Deslizamento;**
- **Dengue;**
- **Ondas de Calor.**

Para elaboração de cada indicador, foram utilizados como dados de exposição os resultados da modelagem numérica das projeções climáticas regionalizadas do modelo regional Eta-CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) acoplado aos modelos globais HadGEM2-ES e MIROC5. Os dados de sensibilidade e capacidade de adaptação foram selecionados de acordo com as variáveis de entrada específicas para cada impacto.

Por fim, esta análise de vulnerabilidade será a base para compor o futuro plano de adaptação às mudanças climáticas de Belo Horizonte.

A seguir, serão apresentados os resultados dos impactos potenciais modelados que serviram de insumo para a análise final de vulnerabilidade para o município, abordada nos capítulos finais desse relatório.

## 2. IMPACTOS

### 2.1 INUNDAÇÃO

#### 2.1.1 Introdução

O aumento na magnitude e frequência de eventos extremos de precipitação são um dos principais impactos das mudanças climáticas sobre o ciclo hidrológico (Trenberth, 1999; Roy e Ballin Jr., 2004; Shaw *et al.*, 2011). O aumento na magnitude e frequência de eventos extremos de precipitação leva às alterações nas hidrógrafas de cheias dos cursos d'água, com alterações no comportamento das vazões e mudanças na grandeza e regularidade das inundações e alagamentos.

As análises de vulnerabilidade às inundações e aos alagamentos usualmente busca, em primeira instância, analisar conjuntamente dados meteorológicos, fluviométricos e registros de eventos extremos para estabelecer o comportamento em relação aos seus respectivos tempos de recorrência, seja através de modelos hidrológicos e hidráulicos ou por meio de relações estatísticas de dados empíricos. Em seguida, por meio da utilização de modelos com projeções de cenários futuros do comportamento do clima, se avaliam as possíveis alterações na frequência e intensidade das inundações e alagamentos (Parr e Wang, 2014 b; Alfieri *et al.*, 2015; Apurv 2015; Yoon, 2015).

Alfieri *et al.* (2015) buscaram avaliar e analisar a vulnerabilidade a possíveis impactos e danos a inundações em todo o continente europeu em cenários de mudanças climáticas. Foram elaborados mapas de impacto potencial às inundações com resolução espacial de 5 Km, tendo sido computados a população potencialmente atingida por eventos de inundações assim como os custos econômicos oriundos desses impactos.

Os autores avaliaram que a população potencialmente atingida para os países no cenário atual seria, em média, de 4,8 % da população total, com impactos médios sobre a economia total de 5,5 % do PIB. Para cenários futuros, o impacto médio nos países analisados seria de 262 mil pessoas por ano, com prejuízos sobre a economia na ordem de 4,3 a 8,0 bilhões de euros. O impacto potencial referente aos cenários de mudanças climáticas mostrou-se crescente para a maior parte dos países europeus (Alfieri *et al.*, 2015).

A metodologia para elaboração dos impactos potenciais a inundação de Belo Horizonte está no APÊNDICE B.

### 2.1.2 Dados

A Tabela 1 apresenta os dados de entrada necessários para o cálculo do impacto às inundações:

Tabela 1: Dados de entrada do modelo de impacto potencial às inundações.

SENSIBILIDADE			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
Modelo Digital de Elevação (Curvas de Nível)	SMMA <sup>1</sup> /SUDECAP <sup>2</sup>	Belo Horizonte	-
		5 metros	
Predisposição ao Risco Geológico - Inundação	SMAPU <sup>3</sup>	Belo Horizonte	2012
		1:25.000	
Indicador de Drenagem	SUDECAP	Belo Horizonte	2014
		5 metros	
EXPOSIÇÃO CLIMÁTICA			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
Precipitação Máxima (mm/dia)	INPE <sup>4</sup>	Sudeste do Brasil	1961-2030
		5 Km	
Precipitação Máxima (mm/dia)	INMET <sup>5</sup>	-	1961 - 2014
Carta de Inundações de BH	SUDECAP	Belo Horizonte	2007
		1:7.500	

<sup>1</sup> SMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente - Belo Horizonte)

<sup>2</sup> SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital - Belo Horizonte)

<sup>3</sup> SMAPU (Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano - Belo Horizonte)

<sup>4</sup> INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

<sup>5</sup> INMET (Instituto Nacional de Meteorologia)

### 2.1.3 Resultados

#### Sensibilidade

A Figura 1 apresenta o mapa de sensibilidade às inundações de Belo Horizonte:

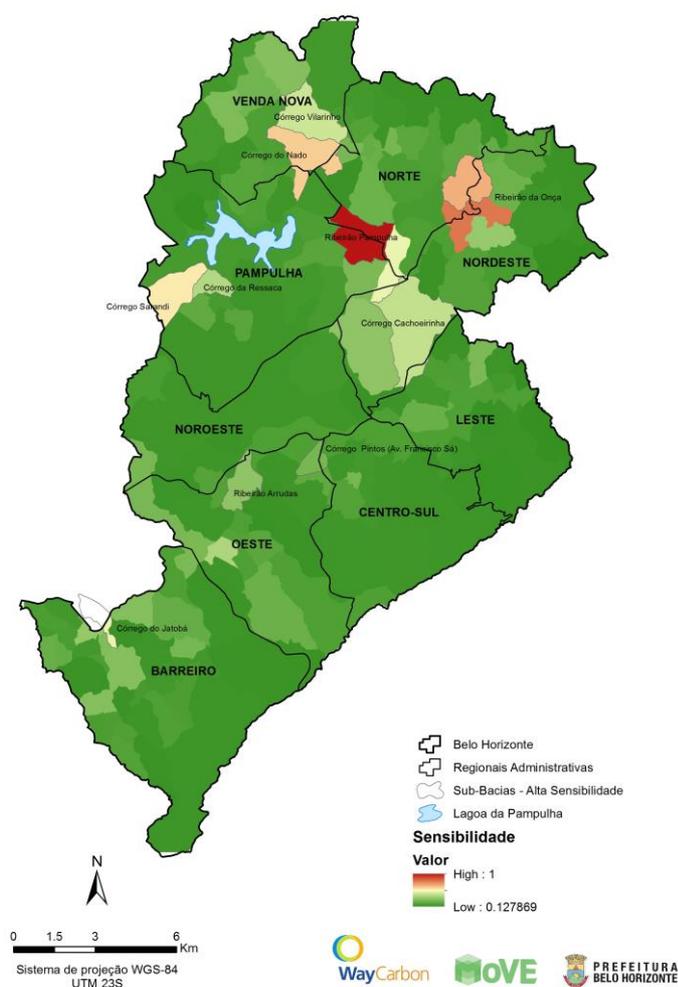


Figura 1 - Mapa de sensibilidade às inundações de Belo Horizonte.

A Tabela 2 apresenta as informações de sensibilidade segundo as Regionais Administrativas de Belo Horizonte. As informações de sensibilidade das sub-bacias hidrográficas que apresentaram maior expressão através dos valores da modelagem podem ser vistas no APÊNDICE C.

Tabela 2: Sensibilidade - Regionais Administrativas.

Regional	Sensibilidade	
	Máxima	Média
Nordeste	0,81	<b>0,28</b>
Norte	1,00	0,27
Venda Nova	0,69	0,27
Pampulha	1,00	0,23
Oeste	0,40	0,20
Barreiro	0,53	0,18
Leste	0,44	0,17
Centro- Sul	0,32	<b>0,16</b>
Noroeste	0,34	<b>0,16</b>

Os resultados apresentados pela modelagem de sensibilidade às inundações de Belo Horizonte indicam que as áreas mais sensíveis situam-se na porção Norte do município, sendo as regionais mais sensíveis: Nordeste, Norte, Venda Nova e Pampulha.

Em consonância a esses resultados, as sub-bacias hidrográficas que apresentaram maior sensibilidade são: Ribeirão Pampulha, Ribeirão da Onça, Córrego do Nado, Córrego Sarandi, Córrego Vilarinho, Córrego Cachoeirinha e Córrego da Ressaca.

Além dessas, outras sub-bacias foram destacadas, por apresentarem alta sensibilidade às inundações: Córrego do Jatobá, Ribeirão Arrudas e Córrego Pintos (Avenida Francisco Sá).

## Exposição

A Figura 2 e Figura 3 apresentam respectivamente os mapas de exposição às inundações de Belo Horizonte para o período atual (2016) e baseado em dados climáticos de máximas anuais do INPE calibrados com dados de estações meteorológicas de Belo Horizonte, simulados para o ano de 2030.

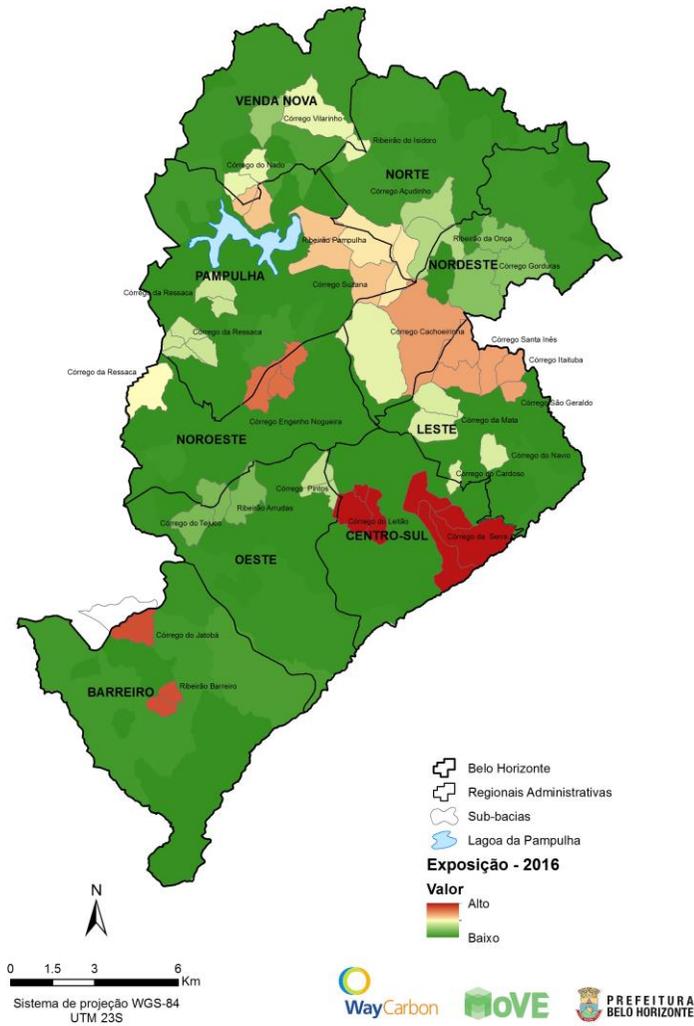


Figura 2 - Exposição às inundações em 2016.

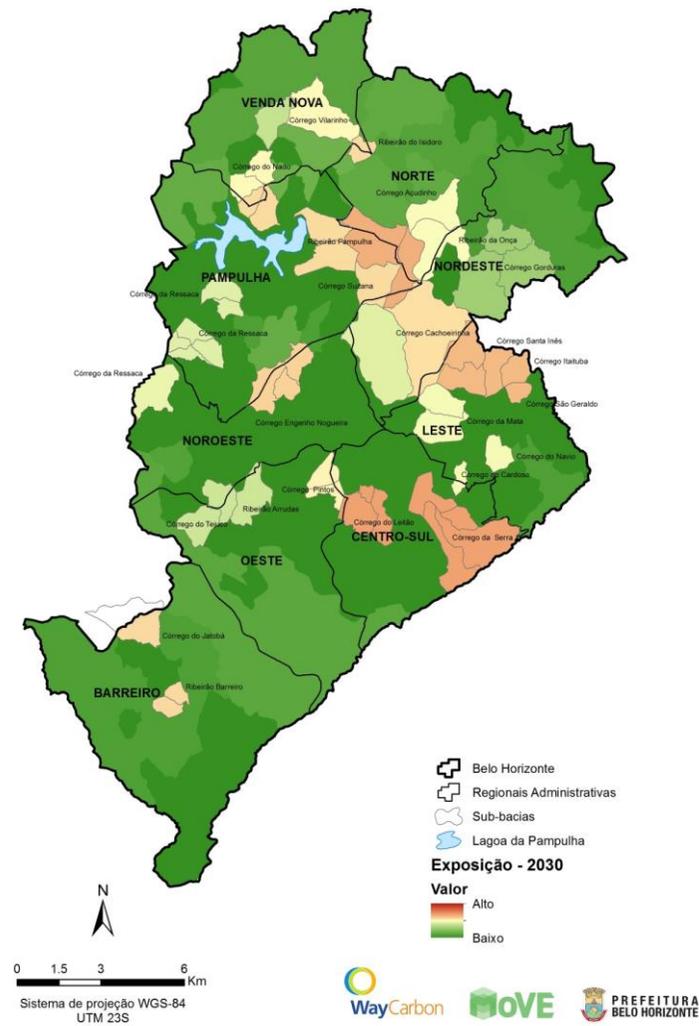


Figura 3 - Exposição às inundações em 2030.

A Tabela 3 apresenta os resultados de exposição à inundação para o período atual e de simulação às mudanças climáticas, espacializada segundo as regionais administrativas do município de Belo Horizonte.

Tabela 3: Exposição - Regionais Administrativas.

Regional	2016		2030		Variação %
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Centro-Sul	1,00	<b>0,31</b>	0,69	0,22	<b>-28,27</b>
Nordeste	0,70	0,23	0,66	<b>0,24</b>	4,82
Leste	1,00	0,21	0,69	0,21	1,35
Pampulha	0,80	0,14	0,66	0,16	11,31
Venda Nova	0,62	0,12	0,57	0,18	53,51
Noroeste	0,80	0,10	0,59	0,09	-7,33
Norte	0,70	0,10	0,66	0,17	75,86
Barreiro	0,88	0,06	0,57	<b>0,08</b>	25,46
Oeste	1,00	<b>0,04</b>	0,69	0,11	<b>153,08</b>

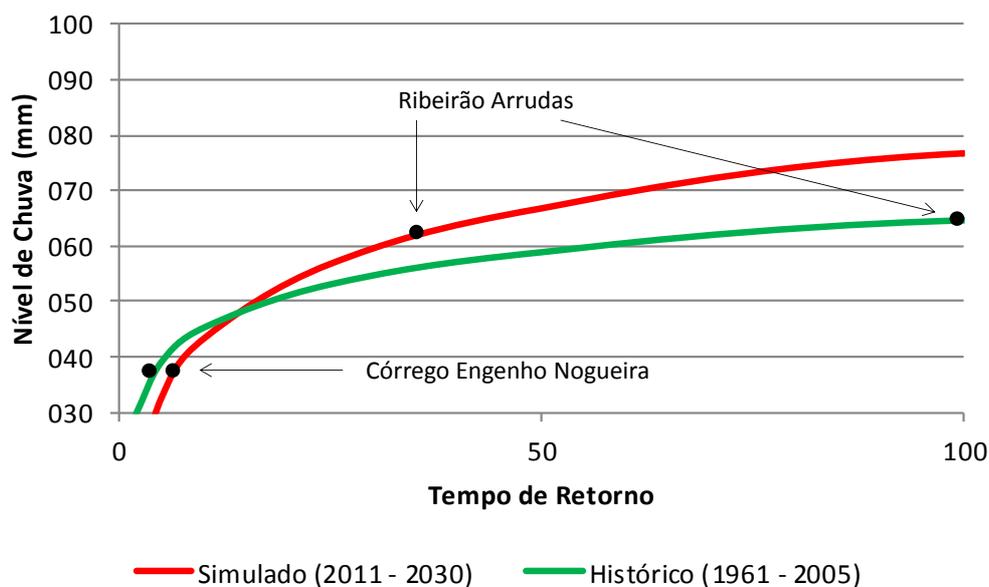
A modelagem de exposição reflete a probabilidade de ocorrência de eventos de inundações - relativos ao padrão de comportamento das chuvas observadas no período atual e simulado até 2030 - em associação aos níveis de chuva (mm) de risco dos alertas de emergência para eventos de 1 hora.

Sendo assim, as sub-bacias de maior exposição foram aquelas que apresentaram maior tendência de ocorrência de eventos de inundação, através de menor Tempo de Retorno das chuvas causadoras de inundações, a saber: Córrego da Serra e Córrego do Leitão (Regional Centro- Sul); Córrego do Jatobá e Ribeirão Barreiro (Regional Barreiro); Córrego Engenho Nogueira (Regional Noroeste); Córrego Cachoeirinha (Regional Nordeste); Córregos Ituiutaba, Santa Inês e São Geraldo (Regional Leste); Córrego do Nado (Regional Venda Nova); e Córrego Suzana, da Ressaca e Ribeirão Pampulha (Regional Pampulha). Além destas, outras sub-bacias foram destacadas, por também apresentarem valores expressivos de exposição às inundações: Córrego Vilarinho (Regional Venda Nova); Córrego Açudinho, e Ribeirão do Isidoro (Regional Norte); Córregos da Avenida Mem de Sá, da Mata e do Navio

(Regional Leste); Córrego Pintos - Avenida Francisco Sá (Regional Oeste); Ribeirão da Onça e Córrego Gorduras (Regional Nordeste).

As regionais que apresentaram médias de exposição mais expressivas foram: Centro- Sul, Nordeste e Leste. As regionais que apresentaram o maior número de sub-bacias hidrográficas com valores de exposição expressivos foi a Regional Leste (6 sub-bacias com alta exposição), seguidas das regionais Nordeste e Pampulha (3 sub-bacias com alta exposição).

O Gráfico 1 ilustra, através do exemplo de duas sub-bacias hidrográficas, a variação do Tempo de Retorno de eventos extremos de chuva que causam inundações em Belo Horizonte.<sup>6</sup>



**Gráfico 1: Variação do Tempo de Retorno de Eventos Extremos de Chuva que causam Inundações em Belo Horizonte.**

O exemplo apresentado no Gráfico 1 mostra que as sub-bacias que hoje inundam com menores níveis de chuva horária (38 mm; menor Tempo de Retorno), registram em 2030 uma

<sup>6</sup> A variação do Tempo de Retorno dos eventos extremos de chuva que causam inundações em Belo Horizonte foi efetuada ajustando os resultados das simulações do INPE com dados locais das estações meteorológicas de Belo Horizonte (*Statistical Downscaling*). Ressalta-se que tais análises são aproximações caracterizadas por um elevado nível de incerteza.

menor ocorrência de inundações. Nas sub-bacias que inundam com maiores níveis de chuva horária (62 mm; maior Tempo de Retorno), registam em 2030 um aumento das ocorrências de inundações. Portanto, embora menos frequente em algumas sub-bacias hidrográficas, os eventos de inundação em Belo Horizonte tendem a ser mais intensos, devido a um maior volume de chuva horária, com maior propensão à geração de perdas e danos.

### Impacto Potencial

A Figura 4 e Figura 5 apresentam os mapas de impacto potencial às inundações de Belo Horizonte, em 2016 e 2030.

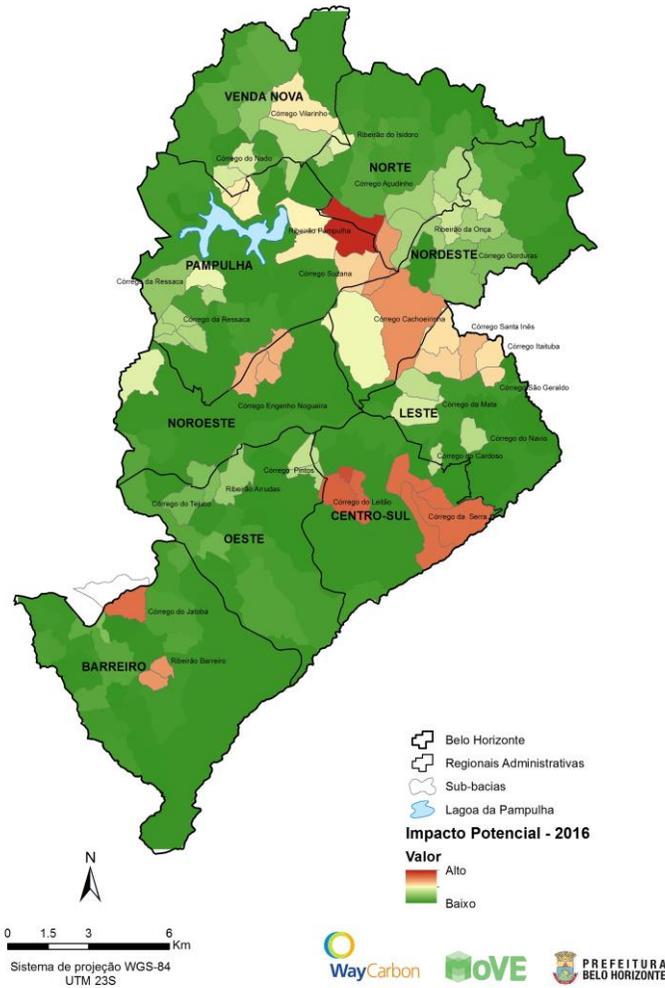


Figura 4 - Impacto potencial às inundações em 2016.

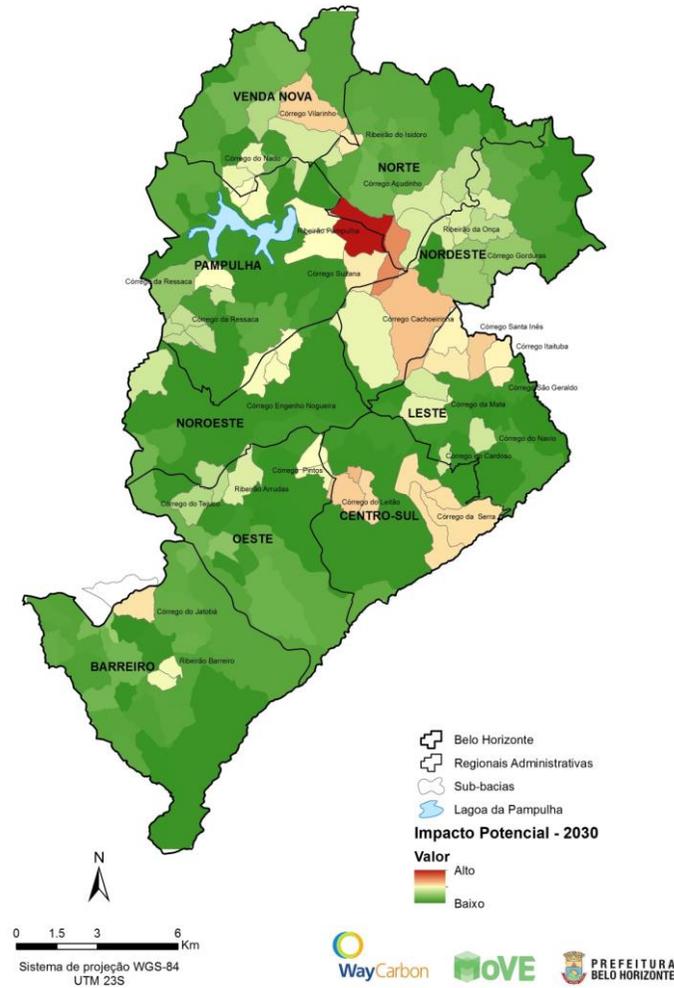


Figura 5 - Impacto potencial às inundações em 2030.

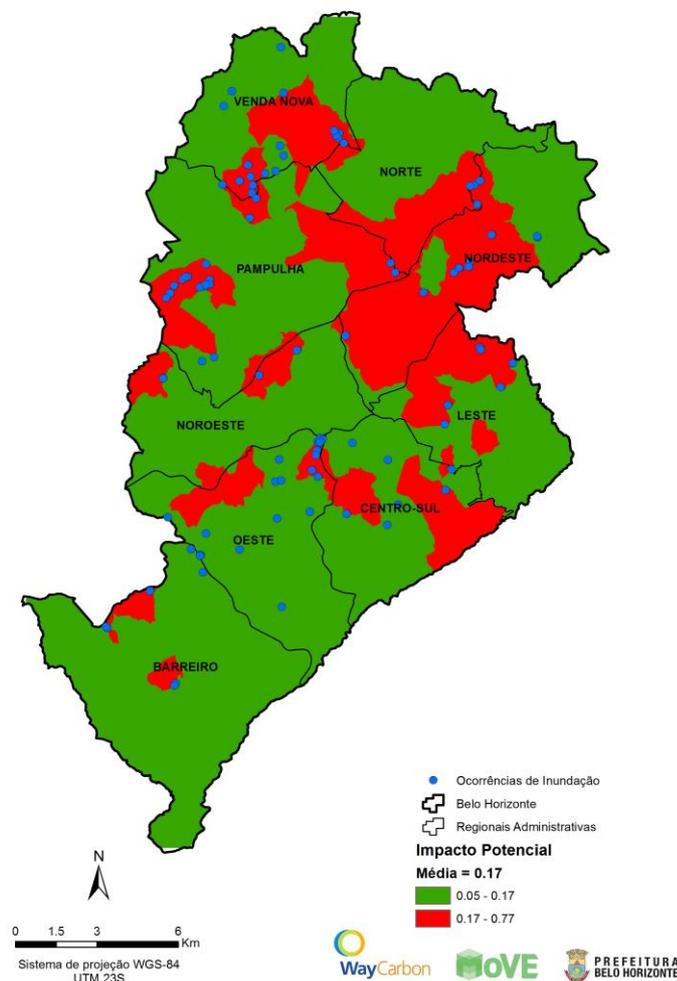
A Tabela 4 apresenta as informações de impacto potencial em 2016 e 2030, elaboradas através do cruzamento das informações de Sensibilidade e Exposição, espacializadas segundo as regionais administrativas do município de Belo Horizonte. As informações das principais sub-bacias hidrográficas podem ser vistas no APÊNDICE C.

**Tabela 4: Impacto potencial às inundações - Regionais Administrativas.**

Regional	2016		2030		Variação (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Nordeste	0,63	<b>0,25</b>	0,62	<b>0,26</b>	2,51
Centro-Sul	0,71	<b>0,25</b>	0,53	0,19	<b>-20,97</b>
Leste	0,66	0,19	0,52	0,20	0,87
Venda Nova	0,53	0,18	0,57	0,22	21,19
Pampulha	0,77	0,18	0,80	0,19	4,42
Norte	0,77	0,17	0,80	0,21	24,68
Noroeste	0,55	0,13	0,42	<b>0,12</b>	-3,55
Oeste	0,68	<b>0,10</b>	0,50	0,14	<b>37,70</b>
Barreiro	0,67	<b>0,10</b>	0,49	<b>0,12</b>	23,14

A modelagem de impacto potencial às inundações passou por uma etapa de validação com dados de ocorrência a inundações cedidos pela Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. Foram coletadas 100 amostras de registros de inundação, de acordo com a proporção de ocorrências dentre as nove regionais administrativas municipais. Das 100 amostras coletadas, 72 situam-se dentro dos limites das sub-bacias hidrográficas que apresentaram valores de impacto potencial acima da média geral, demonstrando, assim a validade do modelo desenvolvido. A Figura 6 apresenta o mapa de validação da modelagem de impacto potencial às Inundações de Belo Horizonte.

Os resultados da modelagem de impacto potencial às inundações de Belo Horizonte permitiram indicar que as regionais administrativas Nordeste e Centro-Sul foram as que apresentam maior propensão à vigência desse tipo de impacto, seguidas das regionais Leste, Venda Nova, Pampulha e Norte.



**Figura 6 - Validação da modelagem de impacto potencial às inundações de Belo Horizonte.**

As sub-bacias de maior impacto potencial, em ordem decrescente, foram: Ribeirão Pampulha (Regional Pampulha); Córregos do Leitão e da Serra (Regional Centro- Sul); Córrego Jatobá (Regional Barreiro); Córrego Cachoeirinha (Regional Nordeste); Ribeirão Barreiro (Barreiro); Córrego Engenho Nogueira (Noroeste); e Córrego Ituiutaba (Leste).

Além destas, outras sub-bacias foram destacadas, por também apresentarem valores expressivos de impacto potencial às inundações: Córrego Suzana (Regional Pampulha); Córrego São Geraldo e Santa Inês (Regional Leste); Córregos Vilarinho e do Nado (Regional Venda Nova); Córrego da Ressaca (Regional Pampulha); Ribeirão do Isidoro (Regional Norte); Córrego da Mata (Regional Leste); Córrego Pintos - Avenida Francisco Sá (Regional Oeste);

Córregos da Avenida Mem de Sá e do Navio (Regional Leste); Córrego Açudinho (Regional Norte); Ribeirão da Onça e Córrego Gorduras (Regional Nordeste).

Dez sub-bacias apresentaram tendência de aumento a impactos potenciais até 2030. A Sub-bacia que apresentou maior aumento foi a Córrego Pintos - Avenida Francisco Sá, seguida das bacias: Córrego do Açudinho; Ribeirão da Onça; Ribeirão do Isidoro; Córrego da Ressaca; Córrego da Mata; Córrego Vilarinho; Córrego do Navio; e Ribeirão Pampulha.

Em contrapartida, onze sub-bacias demonstraram tendência de redução a impactos potenciais até 2030. A sub-bacia que apresentou maior redução foi a bacia do Ribeirão Barreiro, seguida das bacias: Córrego do leitão; Córrego da Serra; Córrego do Jatobá; Córrego Engenho Nogueira; Córrego Cachoeirinha; Córrego Ituiutaba; Córrego Suzana; Córrego São Geraldo; Córrego Santa Inês; e Córrego do Nado.

#### 2.1.4 Discussão

A distribuição de sub-bacias de maior sensibilidade à inundação na porção Norte de Belo Horizonte reflete a influência de fatores geomorfológicos e de o percentual da população residente em áreas inundáveis sobre essa região.

As regionais situadas ao norte de Belo Horizonte estão localizadas sobre rochas graníticas e gnáissicas do Complexo Belo Horizonte, que conformam um relevo mais aplainado e de menor declividade, favorecendo assim o transbordamento das águas dos córregos para as áreas das planícies de inundação. Essa característica geomorfológica foi um dos fatores da modelagem que levou à alta sensibilidade às inundações das sub-bacias hidrográficas dessa parte do território municipal.

Além disso, as sub-bacias hidrográficas das regionais Nordeste, Norte, Venda Nova e Pampulha foram aquelas que apresentaram maior percentual da população residente em áreas inundáveis, através da combinação de fatores como a presença de áreas de ocupação informal em áreas contíguas às planícies de inundações dos córregos, e insuficiência dos dispositivos de drenagem em áreas densamente povoadas de Belo Horizonte.

O cenário climático simulado em 2030 exemplificado pelo Gráfico 1, indica que eventos extremos de precipitação de intensidade de 1 hora tendem a diminuir (menor frequência) no perímetro urbano, porém os volumes precipitados tendem a ser maiores (maior volume).

Portanto, embora menos frequentes, os eventos de inundação em Belo Horizonte tendem a ser mais intensos.

As regionais que apresentaram maior impacto potencial foram as regionais Nordeste e Centro-Sul. Destacam-se a alta sensibilidade da regional Nordeste, devido à composição geomorfológica de planícies mais aplainadas e rebaixadas, à ocupação antrópica de áreas da mancha de inundação; e a elevada frequência de eventos de precipitação que levam à inundações na regional Centro-Sul.

## 2.2 DESLIZAMENTO

### 2.2.1 Introdução

No âmbito dos eventos atípicos, o tema deslizamento vem gradativamente recebendo maior destaque e atenção, principalmente, pelo seu alto potencial em causar danos. Devido à complexidade deste fenômeno, ainda não existe uma unidade metodológica na abstração dos fatores preponderantes para que ocorram os deslizamentos. No entanto, observa-se a existência de aspectos profundamente inter-relacionados e que dão norte aos esforços de se compreendê-lo melhor, sendo eles: clima (exposição), meio físico e social (sensibilidade).

Neste sentido, o presente estudo fixou-se em conceber o impacto de deslizamento nos aspectos físicos, climáticos e social, determinando as áreas de impacto potenciais a ocorrência do fenômeno. Cabe destaque que a seleção do ano de 2014 como ano base para a análise temporal se deu devido a não identificação de eventos extremos no ano de 2015. Todas as demais questões referentes aos métodos da modelagem do impacto encontram-se no APÊNDICE B.

### 2.2.2 Dados

A Tabela 5 apresenta os dados de entrada necessários para o cálculo do impacto ao deslizamentos:

**Tabela 5: Dados de entrada do modelo de impacto potencial ao deslizamento.**

SENSIBILIDADE			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
Declividade (Curva de Nível)	SMMA <sup>7</sup> ; SUDECAP <sup>8</sup>	Belo Horizonte Equidistância: 1 m Declividade: Pixel 30 m	-
Geologia	SMAPU <sup>9</sup>	Municipal	-
Uso do Solo Velhas	IGAM <sup>10</sup>	Bacia Rio das Velhas	2010
Tipologia Uso e Ocupação	SMAPU	Belo Horizonte Lotes do Cadastro Técnico Municipal	2012
EXPOSIÇÃO CLIMÁTICA			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
Frequência de 2 dias consecutivos com precipitação acumulada $\geq 70\text{mm}$	INPE <sup>11</sup>	Sudeste 5 km	2016 e 2030

### 2.2.3 Resultados

#### Sensibilidade

Para a estimativa da sensibilidade foram utilizados dados sobre geologia, declividade e uso e cobertura do solo. A Figura 7, apresenta a sensibilidade das regionais de Belo Horizonte.

<sup>7</sup> SMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente - Belo Horizonte)

<sup>8</sup> SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital - Belo Horizonte)

<sup>9</sup> SMAPU (Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano - Belo Horizonte)

<sup>10</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão de Águas)<sup>10</sup>

<sup>11</sup> INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

As regionais Leste, Centro-Sul, Oeste e Barreiro são as que mais possuem áreas sensíveis. Estas regionais possuem considerável porção territorial com declividades acentuadas, além de encontrarem-se localizadas sobre o substrato litológico com as rochas mais factíveis a sofrerem intemperismo de todo o município, como filito e grauvaça.

Apesar de possuírem áreas com declividade acentuada, as regionais do norte do município apresentaram grande concentração de média e baixa sensibilidade. Isto é compreendido uma vez que a geologia predominante é de rochas de baixa susceptibilidade ao intemperismo. Pampulha, Venda Nova, Norte e Nordeste apresentam pontos que alta sensibilidades, localizados nas áreas de depósito aluvial.

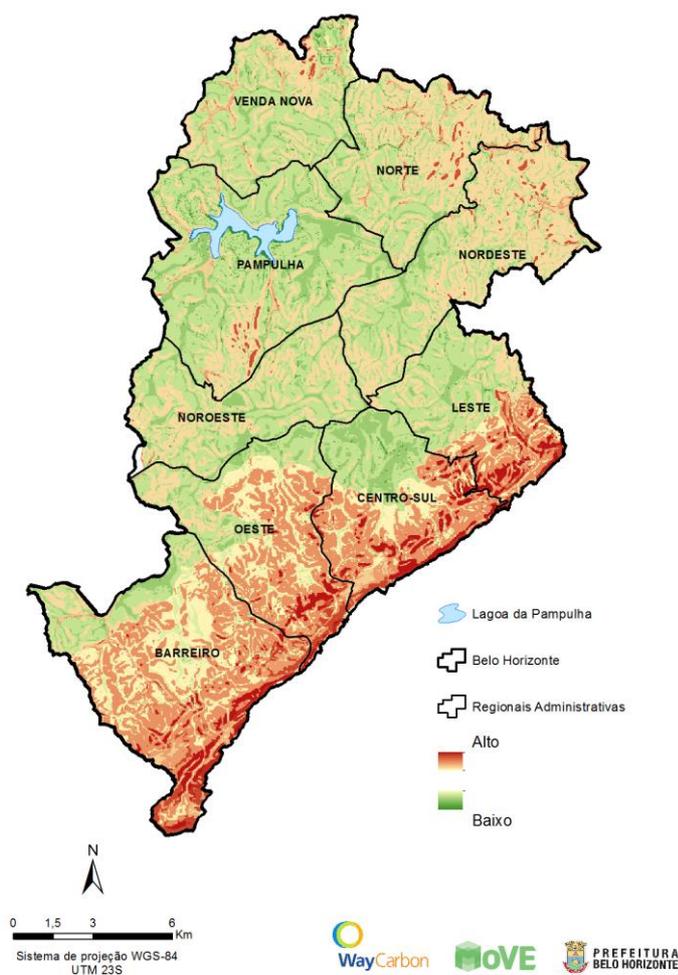


Figura 7 - Sensibilidade ao deslizamento de Belo Horizonte.

## Exposição

A exposição considerada foi o alerta de chuva acumulada utilizada pela Defesa Civil, onde a precipitação acumulada em 2 dias maior ou igual à 70mm apresentam fortes riscos a deslizamentos. O incremento dos impactos em 2030 é claramente decorrente da dinâmica dos eventos extremos. A exposição modelada para o período demonstrou que toda a porção norte de Belo Horizonte terá um aumento de eventos extremos, principalmente a região Nordeste (Figura 8). A região do Barreiro apresenta uma diminuição de extremos climáticos em sua porção sul. O mesmo é observado nas regiões Oeste e Centro-Sul.

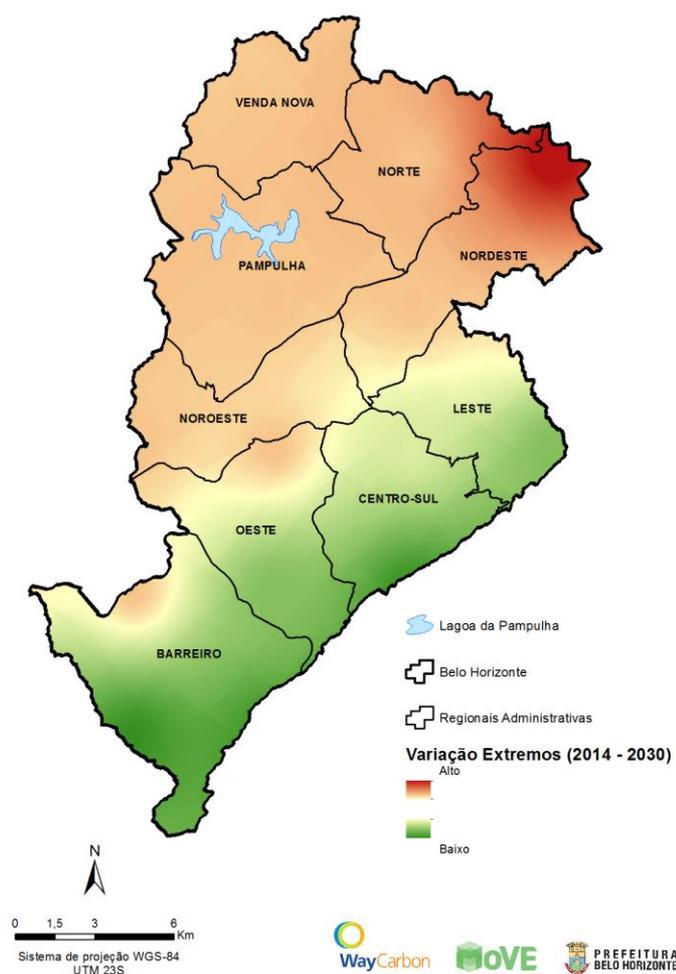


Figura 8 - Variação dos Extremos Climáticos - 2014 a 2030.

## Impacto Potencial

Após o cruzamento das informações de sensibilidade e exposição, chegou-se aos mapas de impacto potencial ao deslizamento para os anos de 2014 e 2030 (Figura 9 e Figura 10). Avaliando os impactos de forma quantitativa no período de 2014 (Tabela 6), Belo Horizonte possuía 5,15% (16,92 km<sup>2</sup>) de sua área com potencial acima de 0,61 (em uma de 0 a 1), enquanto em 2030 a cidade poderá possuir 6,808% (22,37 km<sup>2</sup>). Apresentando uma variação incremental positiva de 32,17%.

Vale destacar que a escolha do limiar 0,61 como limite de impacto, deu-se a partir da forma que informações normalizadas são classificadas: 0 a 0,2 - Muito Baixo; 0,21 a 0,4 - Baixo; 0,41 a 0,6 - Médio; 0,61 a 0,8 - Alto e 0,81 a 1 - Muito Alto. Desta forma o limiar escolhido engloba áreas com Alto e Muito Alto potencial.

Em 2014, a regional que apresentava maior concentração de área potencial era a do Barreiro, seguida da Leste, Centro-Sul e Oeste. As regionais localizadas na porção norte do município, apresentaram valores bem abaixo das demais. Em 2030, aproximadamente a totalidade das regionais apresentaram aumento nos valores, menos a regional do Barreiro que apresentou uma diminuição de quase 22%, motivado pela redução dos eventos climáticos selecionados para modelo. Regionais que apresentaram valores baixos anteriormente, exibiram um incremento elevado. A Tabela 6 mostra que regionais como Norte, Pampulha e Venda Nova tiveram ganhos significativos; a região que mais registrou um aumento de área impactada foi a Leste.

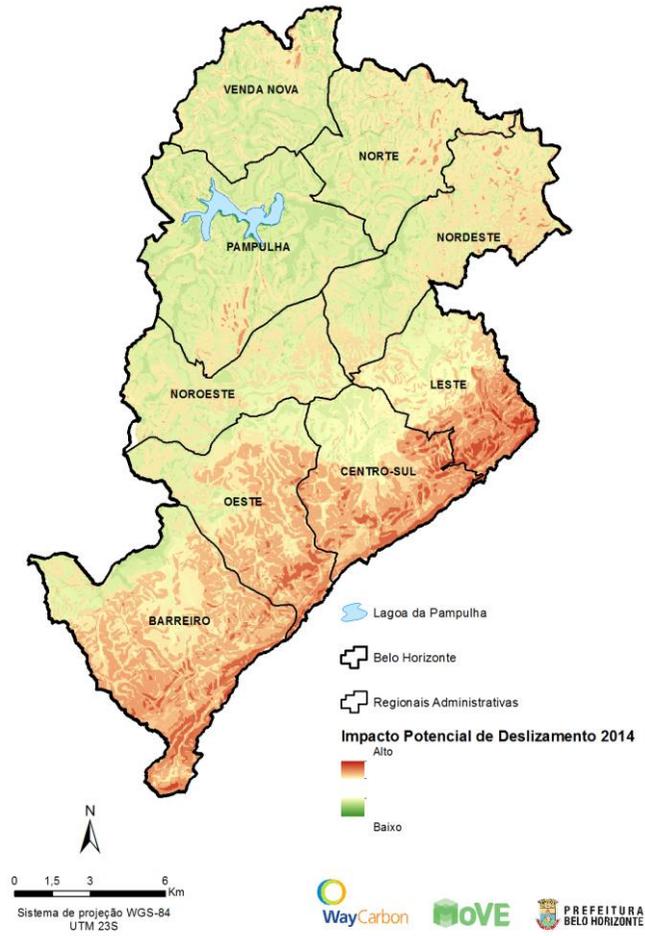


Figura 9 - Impacto potencial ao deslizamento em 2014.

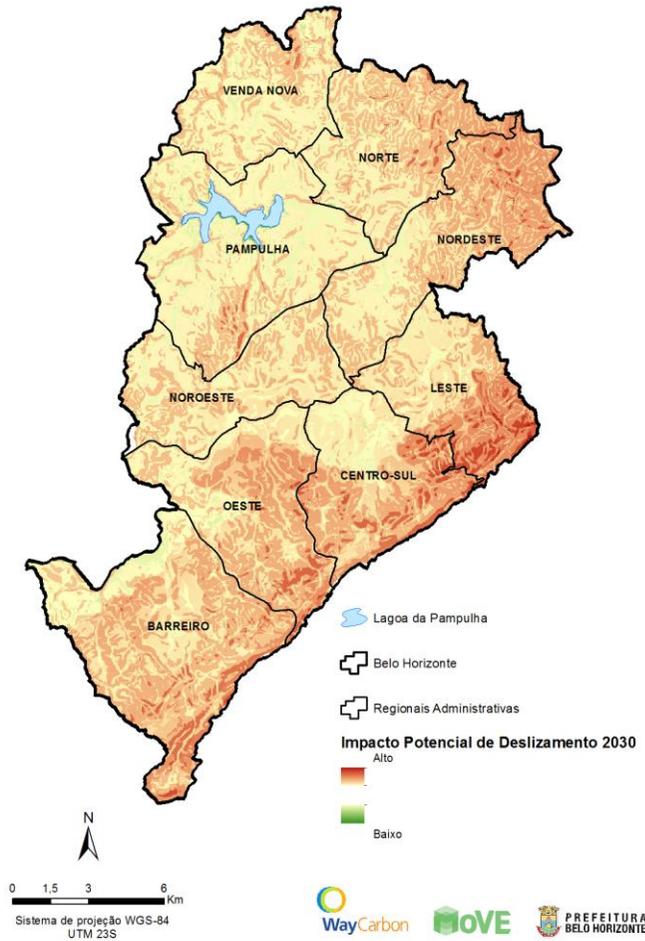


Figura 10 - Impacto potencial ao deslizamento em 2030.

Tabela 6: Porcentagem da área de impacto potencial por Regional.

Regional	Área (%) 2014	Área (%) 2030	Variação (%)
Norte	0,003	2,86	2.857
Nordeste	0,51	3,41	2,9
Leste	18,17	27,99	9,82
Centro-Sul	11,57	14,56	2,99
Barreiro	10,44	8,17	-2,27
Oeste	6,57	9,35	2,78
Noroeste	0,03	0,15	0,12
Pampulha	0,02	0,92	0,9
Venda Nova	0,03	1,14	1,11
Total em BH	5,15	6,80	1,65

#### 2.2.4 Discussão

A Figura 7, apresenta a sensibilidade das regionais de Belo Horizonte. As regiões Leste, Centro-Sul, Oeste e Barreiro são as que mais possuem áreas sensíveis. Isso se explica, uma vez que estas regionais possuem considerável porção territorial com declividades acentuadas, além de encontrar-se localizadas sobre o substrato litológico mais factível a sofrer intemperismo de todo o município. As regiões ao norte do município apresentaram pouca área de impacto potencial na janela de 2014, principalmente devido a litologia da região. Apesar de possuírem áreas com declividade acentuada, neste período, o peso da geologia com baixa susceptibilidade ao intemperismo influenciou o baixo potencial nos resultados de 2014.

O incremento dos impactos até 2030 é claramente decorrente da dinâmica dos eventos extremos. A exposição modelada para o período demonstrou que toda a porção norte de Belo Horizonte terá uma variação positiva importante de eventos extremos, principalmente na região Nordeste. Também pode-se concluir para a regional Leste Centro-Sul e Oeste, que apresentaram ganho de áreas potenciais (Figura 10). O mesmo não se aplica ao Barreiro, que apresentou perda de área potencial em sua porção sul. Desta forma, é claro que as mudanças apresentadas nos fatores climáticos selecionadas adicionadas a sensibilidade do município, incorrerão em aumento do potencial de deslizamento decorrente a mudanças climáticas.

## 2.3 DENGUE

### 2.3.1 Introdução

As mudanças climáticas têm gerado uma preocupação sobre a possível expansão da área atual de incidência de algumas doenças transmitidas por insetos vetores. Um dos maiores efeitos da mudança climática sobre as doenças vetoriais pode ser observado nos eventos extremos, os quais contribuem para uma forte flutuação no ciclo dessas doenças.

Esses vetores estão entre os primeiros organismos a evidenciar os efeitos das mudanças climáticas, devido às suas numerosas populações, facilidade de multiplicação, rápida dispersão e o curto tempo entre gerações. Deve-se considerar que o clima sozinho não pode explicar toda a história natural das doenças transmitidas por artrópodes, mas que ele é um componente importante na distribuição temporal e espacial de vetores, tanto limitando a sua propagação quanto influenciando na dinâmica de transmissão de doenças.

Os padrões de precipitação podem ter efeito em curto e em médio prazo. O aumento da precipitação tem o potencial de aumentar o número e a qualidade dos locais de reprodução dos vetores, tais como mosquitos. Já os extremos de temperatura podem retardar ou acelerar o desenvolvimento e sobrevivência desses insetos.

Em 2005 foi concluído, pela Fiocruz, um estudo financiado pelo Programa de Mudança Global do Clima (Ministério da Ciência e Tecnologia), com o objetivo de se construir um indicador sintético de impacto potencial das perturbações do clima na saúde (CONFALONIERI *et al.*, 2005). Este foi um estudo de impacto potencial para o período em que foi executado (1996-2001), diferente do que se propõe no presente estudo, em particular, em que adotou-se a modelagem de cenários climáticos futuros, além dos componentes socioeconômico e epidemiológico e componente climático.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, o *Aedes aegypti* é o mosquito vetor mais importante para a transmissão de doenças dos seres humanos. Atualmente a dengue é considerada a doença mais importante transmitida por mosquitos. É estimado que pode haver entre 50 a 100 milhões de infecções de dengue anuais em todo o mundo. Portanto, a fim de identificar a distribuição de *Aedes aegypti* diante das mudanças climáticas, modelos preditivos foram adotados incluindo modelos biológicos e as alterações climáticas futuras.

### 2.3.2 Dados

Abaixo seguem a Tabela 7 e a Tabela 8 com os dados de entrada utilizados para a modelagem do impacto potencial sobre a distribuição de dengue para o município de Belo Horizonte em 2016 e simulado para 2030.

**Tabela 7: Dados de entrada de sensibilidade socioambiental para o modelo de impacto potencial sobre a distribuição de dengue no município de Belo Horizonte.**

SENSIBILIDADE			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
Casos confirmados de dengue	SMSA <sup>12</sup>	Belo Horizonte Bairros	2007-2014 Mensal
Ocorrência de <i>Aedes aegypti</i> Ovitampa	SMSA	Belo Horizonte Bairros	2011-2014 Mensal
Densidade Populacional	SMMA <sup>13</sup> SUDECAP <sup>14</sup>	Belo Horizonte Sub bacias	2014
Tipologia de uso e ocupação	SMAPU <sup>15</sup> GGEOP <sup>16</sup>	Belo Horizonte Lotes do Cadastro Técnico Municipal	2012
População em Vilas (%)	SMMA SUDECAP	Belo Horizonte Sub bacias	2014
População de baixa renda	IBGE <sup>17</sup>	Belo Horizonte Setores Censitários	2010
Lixo jogado em terreno baldio	IBGE	Belo Horizonte Setores Censitários	2010
Domicílio sem abastecimento da água de rede geral	IBGE	Belo Horizonte Setores Censitários	2010
Domicílio com água de chuva armazenada em cisterna	IBGE	Belo Horizonte Setores Censitários	2010
Indicador de cobertura por coleta de lixo domiciliar	SMMA SUDECAP	Belo Horizonte Sub bacias	2014
Indicador de cobertura do sistema de esgotamento sanitário	SMMA SUDECAP	Belo Horizonte Sub bacias	2014

12 SMSA (Secretaria Municipal de Saúde)

13 SMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente)

14 SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital)

15 SMAPU (Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano)

16 GGEOP (Gerência de Geoprocessamento)

17 IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

Indicador de abastecimento de água	SMMA SUDECAP	Belo Horizonte Sub bacias	2014
------------------------------------	--------------	---------------------------	------

**Tabela 8: Dados de entrada de exposição climática para o modelo de impacto potencial sobre a distribuição de dengue no município de Belo Horizonte.**

EXPOSIÇÃO CLIMÁTICA			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
Precipitação (mm/dia)	INPE <sup>18</sup>	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Diária
Temperatura Média(°C)	INPE	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Diária
Temperatura Mínima(°C)	INPE	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Diária
Temperatura Máxima(°C)	INPE	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Diária
Umidade relativa do ar (%)	INPE	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Diária
Precipitação intensa (R10mm)	INPE	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Anual
Sequência de dias secos (CDD)	INPE	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Anual
Precipitação intensa (R10mm)	INPE	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Anual
Noites quentes (TN90p)	INPE	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Anual
Ondas de calor (WSDI)	INPE	Região Sudeste 5 km	2016-2030 Anual

A metodologia para elaboração dos impactos potenciais à dengue em Belo Horizonte estão descritas de forma detalhada no APÊNDICE B.

### 2.3.3 Resultados

Os resultados gerados para o impacto potencial das mudanças climáticas sobre a distribuição de dengue em Belo Horizonte são apresentados a seguir. Os mapas e tabelas representam a susceptibilidade, menor (0) ou maior (1), de cada localidade por meio de um indicador normalizado.

<sup>18</sup> INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

## Sensibilidade

Os fatores utilizados para definição da sensibilidade à dengue foram indicadores de saneamento e socioambientais detalhados na Tabela 7 apresentada anteriormente. A variabilidade espacial do indicador de sensibilidade socioambiental à dengue é apresentada na Figura 11 a seguir.

São observados valores médios de sensibilidade mais elevados na regional Norte e Venda Nova, sendo menos acentuados na regional Barreiro, descritos de forma quantitativa na Tabela 9. Apesar da apresentação agrupada por regionais, esse indicador contribui com informações pontuais, podendo ser compreendido as localidades mais sensíveis dentro de cada regional.

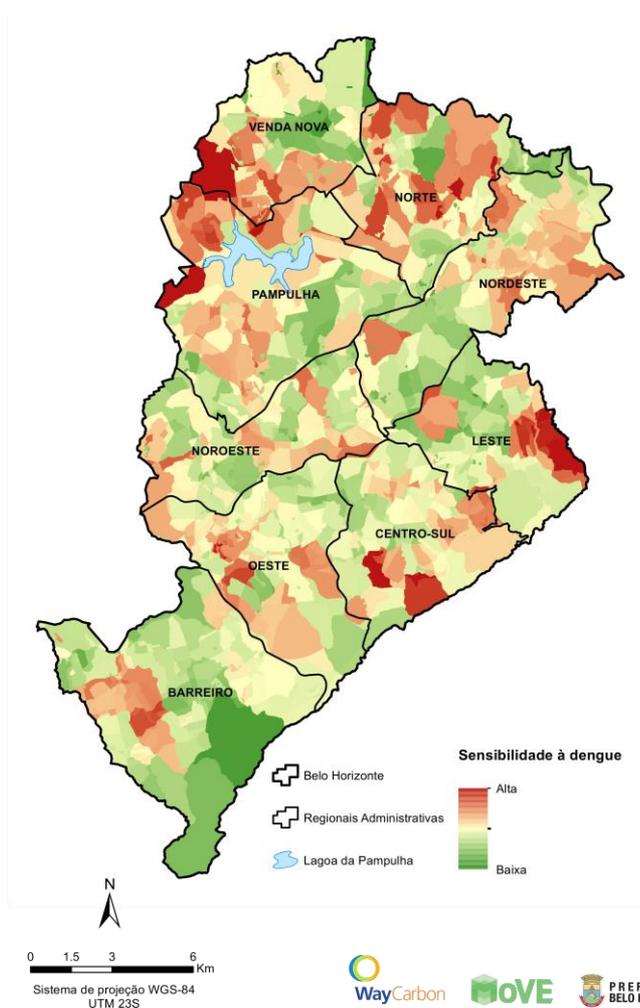


Figura 11 - Sensibilidade socioambiental à dengue em Belo Horizonte.

Tabela 9: Sensibilidade à dengue- Regionais Administrativas.

Regional	Sensibilidade	
	Máxima	Média
Norte	0,84	<b>0,39</b>
Nordeste	0,83	0,35
Leste	0,82	0,36
Centro-Sul	1,00	0,36
Barreiro	0,78	<b>0,27</b>
Oeste	0,74	0,35
Noroeste	0,70	0,33
Pampulha	0,87	0,36
Venda Nova	0,95	0,38

### Exposição

O indicador de exposição climática à dengue é representado pela Figura 12 que ilustra o momento atual (2016) e a Figura 13 baseada em dados climáticos simulados até 2030. Os fatores que representam a exposição referem-se a variáveis e índices de extremos climáticos detalhados na Tabela 8, apresentada anteriormente. Tais indicadores serviram de entrada em algoritmos para a definição de áreas mais favoráveis ao desenvolvimento da dengue.

A porção Norte do território municipal apresenta os maiores valores do indicador, tanto no presente quanto no futuro, sendo as regionais Norte, Pampulha e Venda Nova, aquelas mais afetadas por esse fator. Diferentemente, a porção mais ao Sul de Belo Horizonte apresenta os menores valores para o indicador, sendo Centro Sul, Barreiro e Oeste as regionais menos afetadas, como demonstrado de forma quantitativa pela Tabela 10.

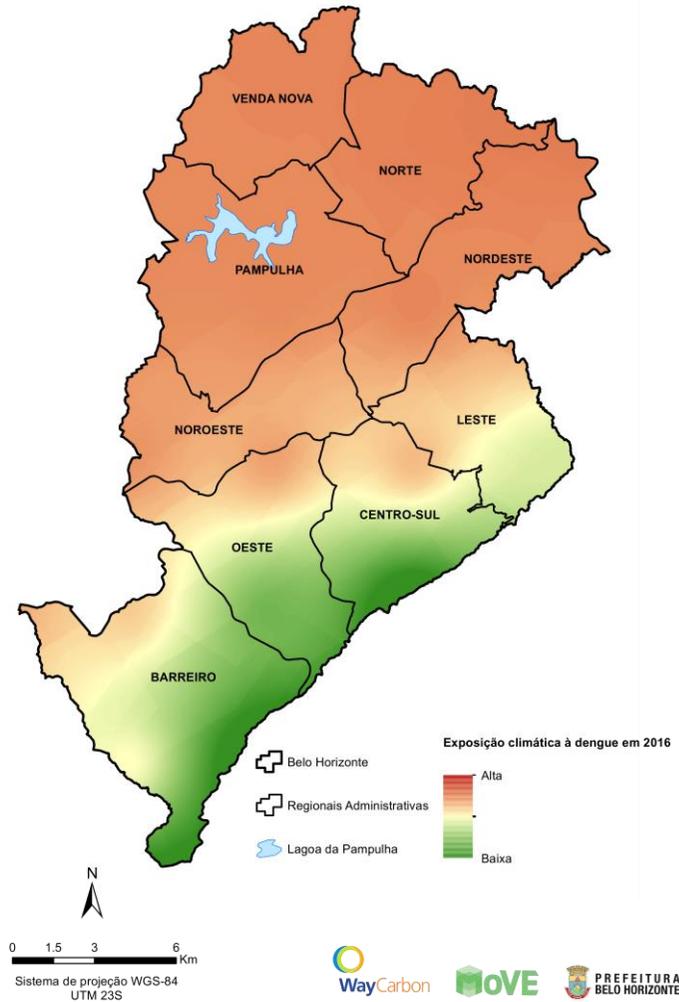


Figura 12 - Exposição climática à dengue em 2016.

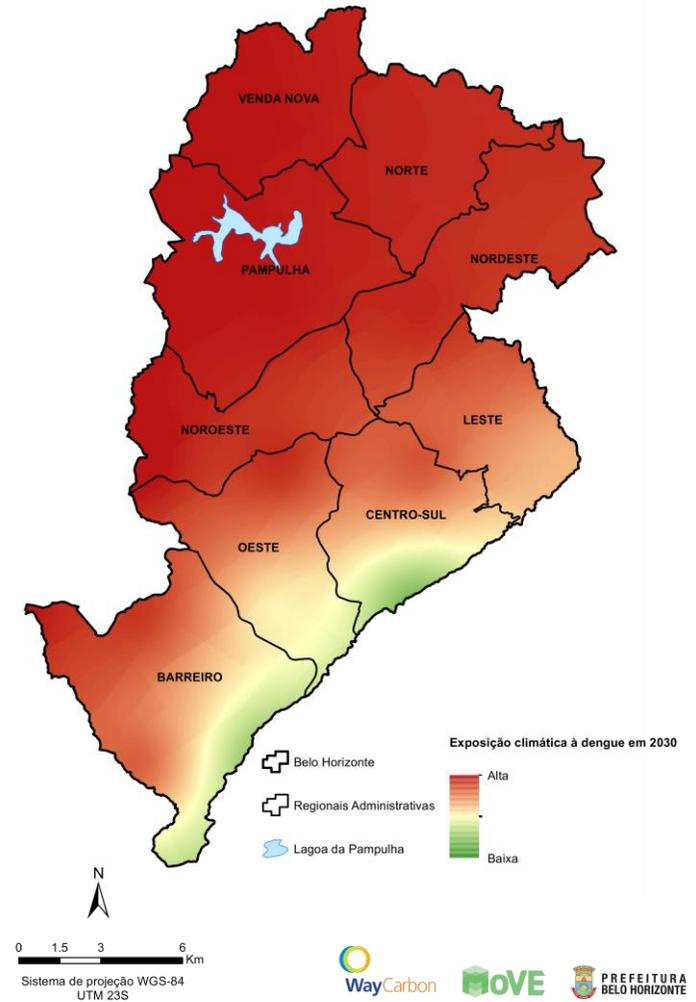


Figura 13 - Exposição climática à dengue em 2030.

Tabela 10: Exposição climática à dengue - Regionais Administrativas.

Regional	2016		2030		Variação Relativa (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Norte	0,30	<b>0,30</b>	0,98	0,97	<b>226,39</b>
Nordeste	0,30	0,28	0,98	0,96	230,39
Leste	0,29	0,23	0,97	0,90	296,23
Centro-Sul	0,26	0,17	0,94	<b>0,84</b>	405,22
Barreiro	0,27	<b>0,16</b>	0,99	0,86	<b>447,16</b>
Oeste	0,28	0,18	0,99	0,88	379,33
Noroeste	0,29	0,27	1,00	0,97	257,67
Pampulha	0,29	0,29	0,99	0,98	238,16
Venda Nova	0,30	0,29	0,99	<b>0,99</b>	236,42

### Impacto Potencial

Após o cruzamento das informações de sensibilidade e exposição, obteve-se os mapas de impacto potencial à dengue em 2016 e em 2030 (Figura 14 e Figura 15). Os fatores que refletem a sensibilidade socioambiental à dengue apresentam, coincidentemente, uma distribuição espacial semelhante aos fatores de exposição climática, o que predispõe a constituição dos impactos potenciais mais acentuados no setor territorial Norte de Belo Horizonte, principalmente nas regionais Venda Nova e Norte. As regionais Barreiro, Oeste e Centro Sul apresentam os menores impactos potenciais, mas não menos relevantes por estarem considerados na escala acima dos 50% de potencial impacto (Tabela 11).

Tabela 11: Impacto potencial à dengue - Regionais Administrativas.

Regional	2016		2030		Variação Relativa (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Norte	0,63	<b>0,43</b>	0,74	<b>0,61</b>	<b>41,86</b>
Nordeste	0,60	0,41	0,72	0,59	43,90
Leste	0,57	0,36	0,70	0,56	55,56
Centro-Sul	0,54	0,31	0,69	0,53	70,97
Barreiro	0,52	<b>0,26</b>	0,70	<b>0,51</b>	<b>96,15</b>
Oeste	0,51	0,32	0,67	0,54	68,75
Noroeste	0,56	0,40	0,71	0,60	50,00
Pampulha	0,68	0,41	0,79	0,60	46,34
Venda Nova	0,70	0,42	0,80	<b>0,61</b>	45,24

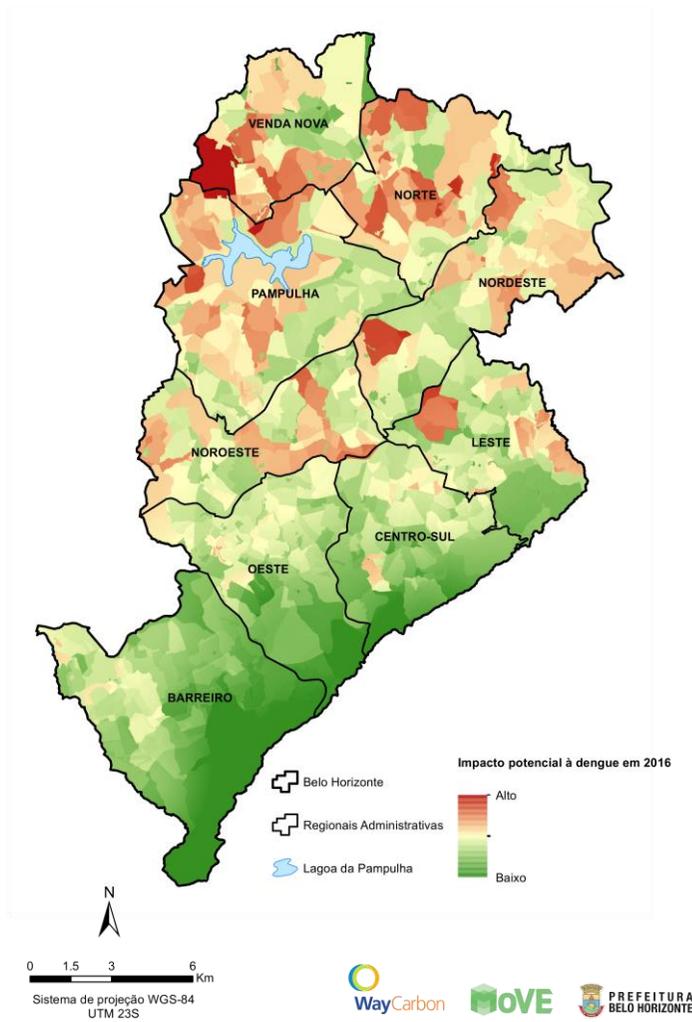


Figura 14 - Impacto potencial à dengue em 2016.

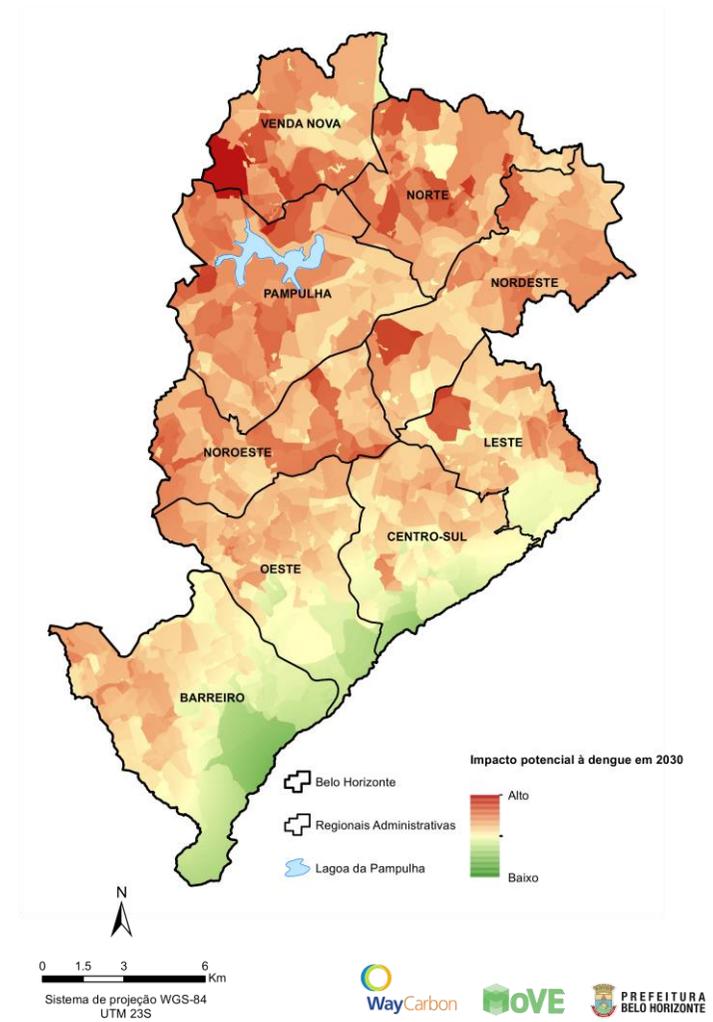


Figura 15 - Impacto potencial à dengue em 2030.

Os resultados desse modelo foram calibrados e validados por dados de casos confirmados de dengue e dados de ocorrência do vetor dado pelas Ovitampas no município de Belo Horizonte como ilustrado na Figura 16. Como suporte à calibração e validação do estudo utilizou-se informações do repositório internacional DRYAD e um estudo atual da *University of Oxford* (KRAEMER, 2015).

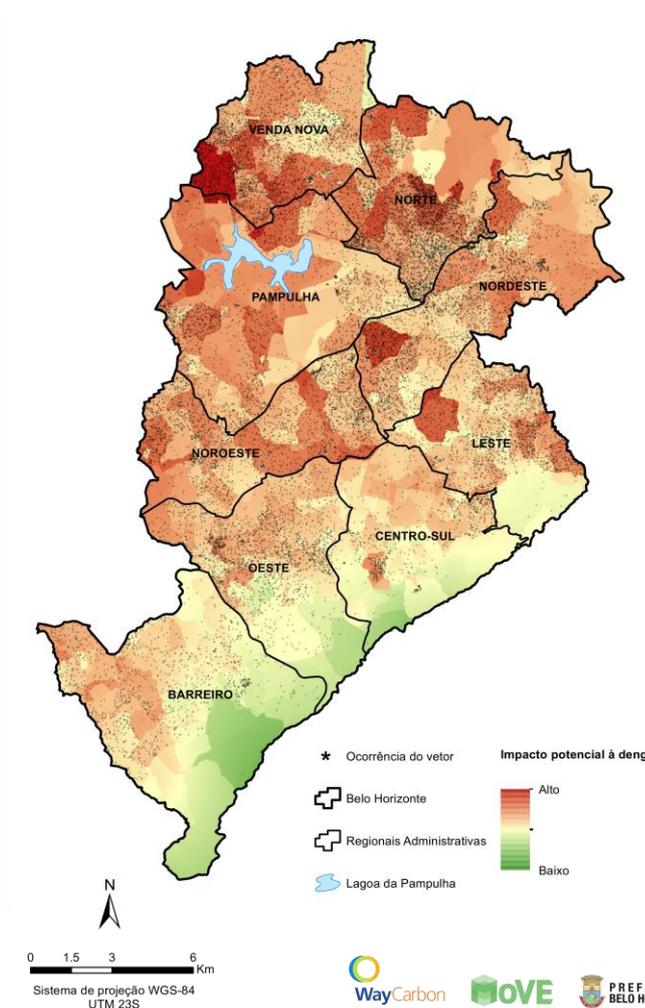


Figura 16 - Ilustração da validação do impacto potencial à dengue em Belo Horizonte.

#### 2.3.4 Discussão

Pela espacialização demonstrada pelos resultados da exposição climática, têm-se uma clareza da dinâmica de distribuição do impacto dos fatores climáticos no município. De forma geral, o setor Norte do território municipal é mais acometido em relação a porção Sul.

No futuro, a tendência da distribuição espacial, atualmente observada na exposição climática se mantém, mas com uma intensidade bastante maior. A região Norte continuará a ser a mais afetada pelos fatores extremos climáticos de temperatura, pelo aumento da temperatura mínima e chuvas, apresentando as maiores médias e máximas de potencial a dengue, com aumento relativo na ordem de 226% entre 2030 e 2016.

Analisando a região Sul, observa-se que mesmo a tendência sendo mantida para 2030, com menor impacto absoluto, a variação incremental é de mais de 440% nessa região, chegando a atingir valores absolutos de suscetibilidade no futuro na mesma ordem de grandeza das máximas do mesmo indicador apresentado no presente em outras regiões. Nesse caso, a região Sul poderá apresentar susceptibilidade à dengue no futuro, em uma dimensão semelhante as que se encontram os maiores focos da doença atualmente no município, por dependência exclusivamente da exposição climática. O aumento da temperatura mínima e das noites quentes são os fatores que propiciaram maiores focos do mosquito na zona Sul do município.

Apesar do impacto da exposição apresentar menor variação na região Norte, essa continua apresentando os maiores valores absolutos, merecendo grande destaque, visto que essa região é grandemente afetada pelas viroses transmitidas pelo mosquito atualmente, principalmente pelas classes de temperatura e dinâmica de pluviosidade.

Um dos principais fatores determinantes da sobrevivência do mosquito é a temperatura, o que tem sido associado com variações sazonais de populações do mosquito e limitando a sua distribuição geográfica. A quantidade e frequência de chuvas também se apresenta como fator relacionado a distribuição do vetor, mas com menor correlação. Isso, pois esse fator define o criadouro, mas esses locais aptos ao desenvolvimento do vetor pode extravasar com o excesso de chuvas, dificultando o estabelecimento e eclosão dos ovos. Em contrapartida mesmo uma chuva casual pode aumentar a umidade do ar que é um dos fatores que potencializa a eclosão dos ovos. Outro fator relevante a ser considerado é a defasagem entre

o momento do evento climático e a explosão populacional do vetor seguido pela disseminação da doença. É importante que se considere cerca de 15 dias após o evento climático para que o impacto seja percebido de forma relevante.

Os impactos potenciais se apresentam de forma dividida no município. De maneira geral as regionais localizadas ao Sul serão menos afetadas pela dengue ao longo do tempo, ao contrário das regionais presentes ao Norte do território que apresentam os maiores índices de impacto potencial, provavelmente devido ao aumento da temperatura.

A região Sul, atualmente menos afetada, passa a ser ponto de atenção para esse impacto, com a maior variação incremental e aumento médio do valor absoluto. Uma vez que não se sabe como outros fatores que determinam a transmissibilidade do vírus se relacionarão com o aumento populacional do mosquito a atenção deve ser redobrada. Características socioambientais que possam favorecer que as pessoas fiquem mais expostas ao ambiente, favorecendo o contato entre o vetor e o hospedeiro devem ser enfrentadas, por meio, principalmente, de ações socioeducativas.

Na regional Barreiro a menor exposição não garante o menor impacto, uma vez que fatores sociais de sensibilidade podem estar relacionados com o aumento do impacto. Indicadores de saneamento, como coleta de lixo e desabastecimento de água, indicaram alta sensibilidade nessa regional para aumento de criadouros, mesmo diante de temperaturas mais amenas. A falta de água na rede pode implicar no aumento de criadouro, uma vez que acaba por direcionar a reserva de água em domicílio que é feita, muitas vezes, de forma inadequada, favorecendo o surgimento de criadouros atípicos em baldes, tambores e caixas d'água expostas.

Temperaturas mais elevadas relacionadas a dinâmica de chuvas do setor territorial Norte criam um ambiente propício para o aumento populacional do vetor. A associação desses fatores climáticos favoráveis com a recorrência de extremos, podem indicar aumento dos picos de explosão populacional do mosquito. O aumento das médias de temperatura, favorecem o estabelecimento do mosquito mesmo no inverno nas regionais presentes na porção Sul de Belo Horizonte. Portanto, o investimento em monitoramento e controle dos criadouros, reprodução e desenvolvimento do mosquito passa a ter que ocorrer ao longo de todo o ano, e não mais somente em épocas de chuvas.

O aumento do impacto potencial médio para o município, com o passar dos anos, parece estar diretamente ligado ao aumento da temperatura mínima e eventos extremos de precipitação. A temperatura mínima que seria limitante para o desenvolvimento do vetor atualmente, atinge, no cenário projetado, valores favoráveis ao desenvolvimento do vetor. As temperaturas serão maiores para todo o município, ampliando bastante as regiões de ocorrência do mosquito transmissor. Momentos onde as precipitações serão mais intensas também favorecem a instauração de criadouros atípicos e a eclosão de ovos, devido ao aumento da umidade relativa do ar. O detalhamento das localidades consideradas os *hotspots* para o impacto potencial à distribuição de dengue estão presentes na discussão do capítulo de vulnerabilidade (Capítulo 3), permitindo melhor correlação entre as causas do impacto e os índices de vulnerabilidade apresentados.

## 2.4 ONDAS DE CALOR

### 2.4.1 Introdução

A metodologia proposta no estudo do impacto das ondas de calor<sup>19</sup> na saúde no contexto urbano integra aspectos populacionais como idade, renda e densidade (sensibilidade) e aspectos climáticos como ondas de calor e ilhas de calor (exposição).

A saúde humana pode ser bastante afetada pelos impactos das mudanças climáticas e uma das principais preocupações é o estresse térmico ainda mais agravado em cenários futuros que preveem substancial aumento das taxas de morbidade e de mortalidade durante as ondas de calor, principalmente para as populações mais sensíveis, morando em condições inapropriadas (IPCC, 2007). No contexto das grandes cidades brasileiras, tais fenômenos, causados pelas ondas de calor, são acentuados em decorrência direta do processo de urbanização pelo efeito da ilha de calor, devido à abundância de superfícies que retêm o calor (NOBRE & YOUNG, 2011).

Os efeitos das ondas de calor afetarão a população de forma distinta, de acordo com acesso à adaptação. Os segmentos mais frágeis e vulneráveis da população, notadamente crianças até 5 anos e idosos acima de 65 anos, serão seriamente afetados. Além disso, as populações mais pobres possuem um maior déficit de adaptação às mudanças climáticas devido ao pouco acesso aos recursos financeiros e às precárias condições de moradia (MONZONI, 2009).

---

<sup>19</sup> Extremos de temperatura muito alta durante longos períodos.

### 2.4.2 Dados

A Tabela 12 apresenta os dados de entrada necessários para o cálculo do impacto associado às ondas de calor.

**Tabela 12: Dados de entrada para o modelo de ondas de calor.**

<b>SENSIBILIDADE</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Fonte</b>	<b>Escala Espacial</b>	<b>Escala Temporal</b>
<b>População sensível</b> (crianças até 5 anos e idosos acima de 65 anos)	SMMA <sup>20</sup> / SUDECAP <sup>21</sup>	Belo Horizonte Subbacias	2014
<b>Densidade populacional</b>	IBGE <sup>22</sup>	Belo Horizonte Setores Censitários	2010
<b>População de baixa renda</b> (pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de ½ a 1 salário mínimo)	IBGE	Belo Horizonte Setores Censitários	2010
<b>Exposição CLIMÁTICA</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Fonte</b>	<b>Escala Espacial</b>	<b>Escala Temporal</b>
<b>Mapa Climático Analítico de Belo Horizonte</b>	Projeto FAPEMIG TEC-APQ-00146-12 <sup>23</sup>	Belo Horizonte	2016
<b>Ondas de calor (WSDI)</b>	INPE <sup>24</sup>	América do Sul 20 km	2016 e 2030 Anual

### 2.4.3 Resultados

Os resultados do impacto potencial associado às ondas de calor em Belo Horizonte são apresentados pelos seus componentes (sensibilidade e exposição), indicando que locais com maior impacto possuem maior sensibilidade da população e estarão mais expostos às ondas de calor.

<sup>20</sup> SMSA (Secretaria Municipal de Saúde)

<sup>21</sup> SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital)

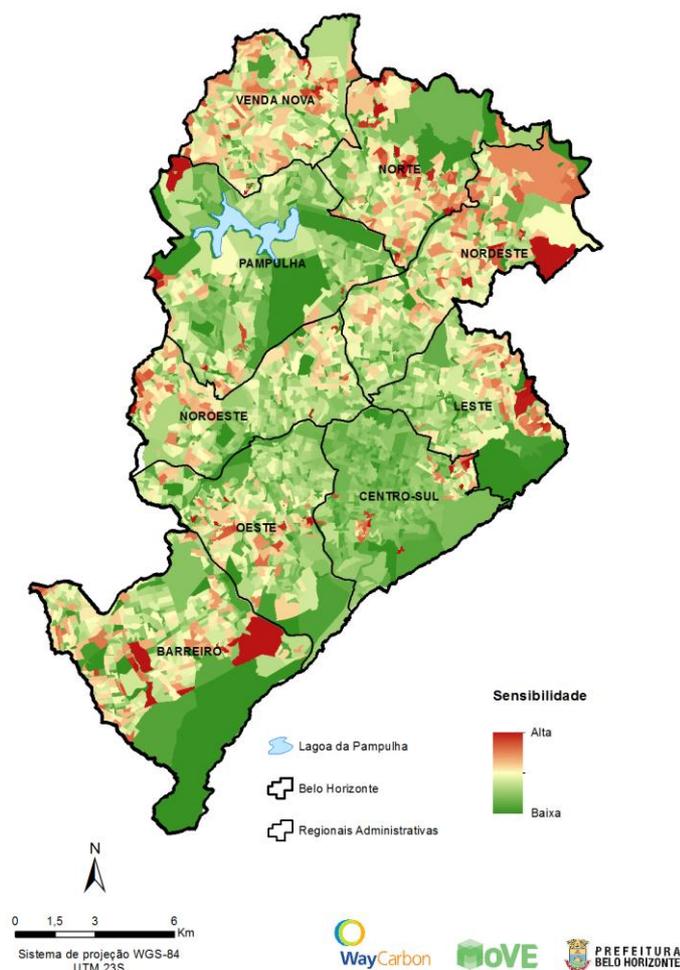
<sup>22</sup> IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

<sup>23</sup> Monitoramento e Modelagem de Balanço de Energia na Cidade de Belo Horizonte

<sup>24</sup> INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

## Sensibilidade

A sensibilidade biofísica para as ondas de calor em Belo Horizonte está representada pelas populações sensíveis, densidade populacional e população de baixa renda (Figura 17).



**Figura 17 - Sensibilidade às ondas de calor em Belo Horizonte.**

É possível observar que a maior sensibilidade às ondas de calor se concentra em áreas conhecidas por grandes adensamentos populacionais e pela baixa renda. Além disso, tais áreas também apresentam grande natalidade e quantidade de idosos. Essas áreas estão em bairros como Jardim Vitória, Capitão Eduardo, Trevo, Confisco, Bonsucesso, Diamante, e em várias vilas.

Por outro lado, existem grandes áreas com baixíssima sensibilidade, notadamente áreas de baixa concentração de habitantes, como o Campus da UFMG, Aeroporto da Pampulha, Zoológico, Granja Werneck, Parque das Mangabeiras e Rola Moça, que, entretanto podem ter uma população temporária que não estão sendo considerada pela ausência desse tipo de informação.

## Exposição

A exposição climática é composta pelo mapa climático analítico<sup>25</sup> de Belo Horizonte e pelo extremo WSDI (Warm Spell Duration Index).

O mapa climático analítico apresenta características a respeito das ilhas de calor e sobre a ventilação dentro da cidade. O WSDI é um extremo de temperatura que representa as ondas de calor, ele representa períodos com 6 dias ou mais de muito calor por ano. Esse extremo é definido com o número de casos por ano em que existem pelo menos 6 dias consecutivos em que a temperatura máxima ultrapassa o 90º percentil. Os dados são representados nas Figura 18 e Figura 19.

---

<sup>25</sup> Mapa Climático Analítico para fins de Planejamento Urbano do Município de Belo Horizonte desenvolvido por Daniele G. Ferreira, Eleonora S. Assis e Lutz Katzschner, Escola de Arquitetura da UFMG/Universidade de Kassel, projeto FAPEMIG TEC-APQ-00146-12. Resultado preliminar, sujeito a alterações

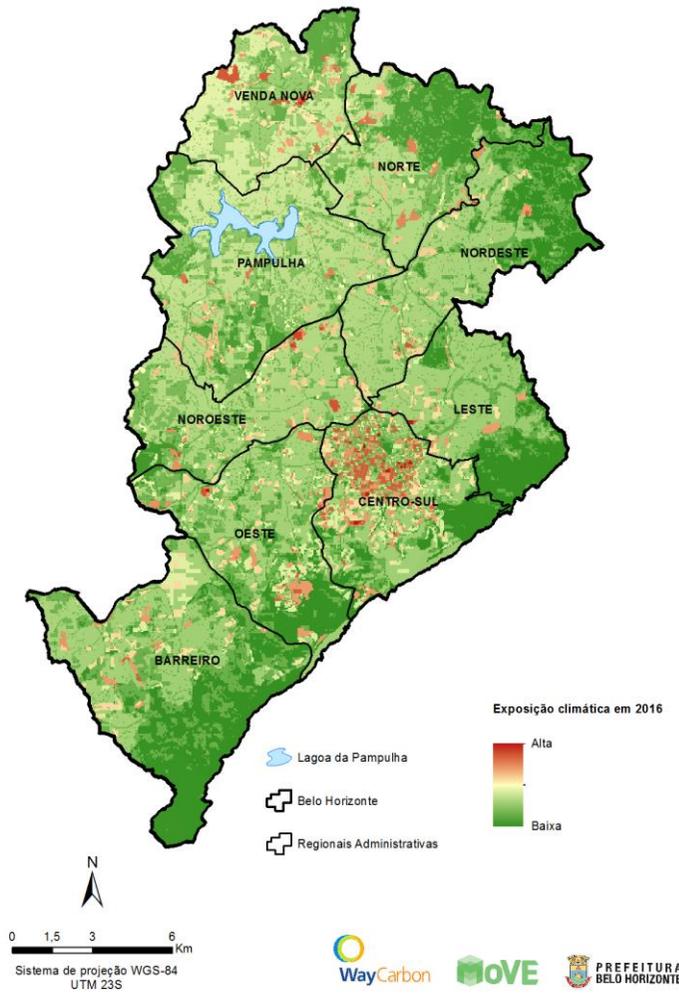


Figura 18 - Exposição às ondas de calor em 2016.

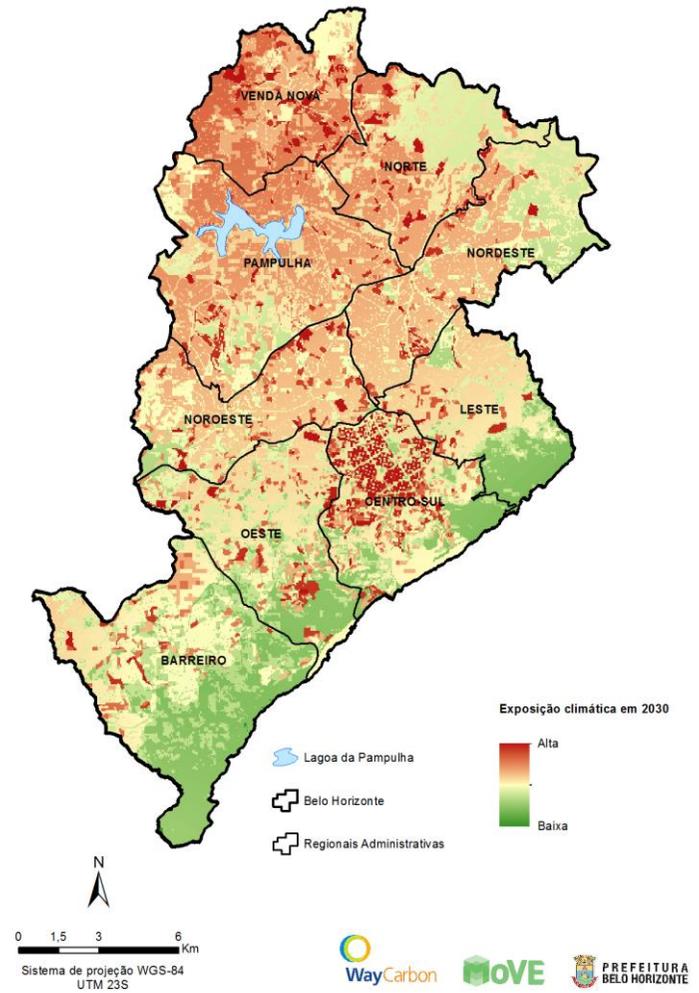


Figura 19 - Exposição às ondas de calor em 2030.

O indicador de exposição se difere muito entre os dois cenários devido ao grande aumento da duração das ondas de calor, que se concentra da porção central até a porção norte do município.

A regional Venda Nova apresenta os maiores valores do indicador, tanto no presente quanto no futuro, sendo as regionais Norte, e Nordeste, aquelas mais afetadas. A regional Centro-Sul apesar de apresentar pequena variação, tem a segunda maior exposição no cenário atual e a está entre as três melhores regionais no cenário simulado. Vale ressaltar que o centro da cidade apresenta vários *hotspots*. Barreiro e Oeste são as regionais menos afetadas, como demonstrado de forma quantitativa pela Tabela 13.

**Tabela 13: Exposição Climática às Ondas de Calor - Regionais Administrativas.**

Regional	2016		2030		Variação Relativa (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Norte	0,68	0,36	0,86	0,54	50,37
Nordeste	0,68	0,35	0,85	0,53	<b>50,98</b>
Leste	0,74	0,34	0,88	0,48	40,56
Centro-Sul	0,74	0,40	0,88	0,52	<b>32,12</b>
Barreiro	0,67	<b>0,33</b>	0,79	<b>0,44</b>	34,08
Oeste	0,74	0,36	0,88	0,49	34,66
Noroeste	0,69	0,39	0,85	0,54	39,31
Pampulha	0,70	0,38	0,88	0,56	45,63
Venda Nova	0,73	<b>0,41</b>	0,91	<b>0,60</b>	45,87

### Impacto Potencial

O impacto potencial associado às ondas de calor nos dois cenários, Figura 20 e Figura 21, demonstra a susceptibilidade da população e da cidade diante das ondas de calor.

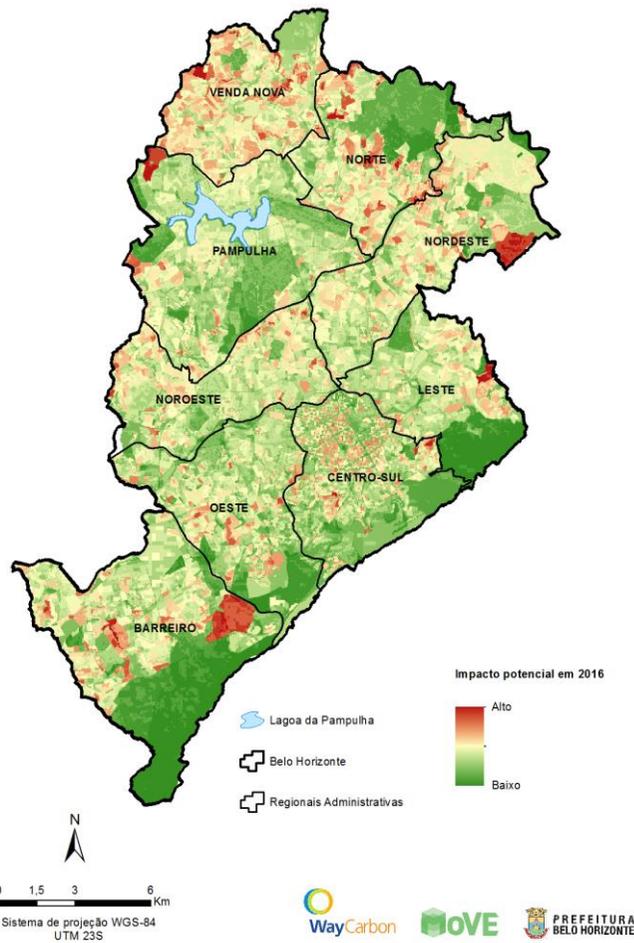


Figura 20 - Impacto Potencial às ondas de calor em 2016.

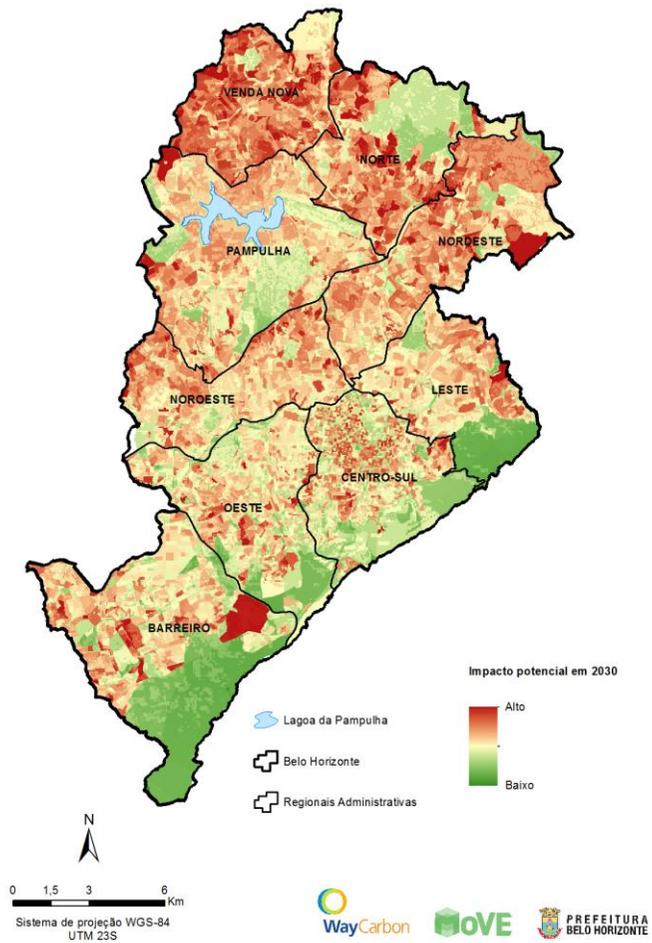


Figura 21 - Impacto Potencial às ondas de calor em 2030.

#### 2.4.4 Discussão

A suscetibilidade às ondas de calor atual apresenta uma concentração em áreas notadamente de adensamento populacional, baixa renda e com grande quantidade de pessoas sensíveis, além de locais como o centro da cidade devido aos efeitos das ilhas de calor. Na simulação futura esse impacto se mostra com uma grande distribuição por todas as regionais da cidade, sendo menor nos locais de onde existe uma população temporária, como os maiores parques, campus da UFMG, zoológico e Granja Werneck. Essa grande variação do impacto entre os cenários é devido ao aumento da duração das ondas de calor em 2030 e da sua concentração na porção noroeste e norte de Belo Horizonte.

### 3. VULNERABILIDADE

#### 3.1 Análise de vulnerabilidade e estratégia de adaptação

A análise da vulnerabilidade frente às mudanças climáticas vem ganhando importância desde 2010, dado o seu papel central no encontro realizado em Cancun pelo Quadro de Adaptação e dos Planos Nacionais de Adaptação (Comissão Europeia, 2013). A análise de vulnerabilidade é o cerne da política de adaptação e da definição de planos de ação setoriais. Por meio da análise de vulnerabilidade pretende-se avaliar o grau em que um sistema natural ou humano é capaz de lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas.

Minimizar impactos em contextos urbanos é um objetivo prioritário, tanto para o setor público, como para o setor privado, uma vez que cidades são centros de atividades econômicas e de crescimento, além de concentrarem a maioria de vidas e bens (Swiss RE, 2014). Preparar o terreno para uma estratégia de adaptação eficaz começa a partir da avaliação de vulnerabilidade, que fornece informações necessárias (ex: O quê? Onde? Por quê?) para apoiar a mitigação de potenciais perigos, através de medidas proativas adaptadas para cada contexto específico.

No entanto, nem todas as questões que emergem das avaliações de vulnerabilidade podem ser abordadas, principalmente devido às limitações orçamentais. Portanto, o nível máximo de adaptação enfrenta um equilíbrio entre os custos dos investimentos na resiliência e os benefícios esperados em termos de redução de perdas e danos, em comparação com um cenário de inação. Mesmo que esta relação de análise entre custo-benefício seja um passo crucial para planos de adaptação em desenvolvimento, a falta de estimativas de custos, benefícios e incertezas, ainda representam as principais dificuldades na avaliação da vulnerabilidade para a maioria dos países e municípios (EEA, 2014).

### 3.1.1 Abordagem de modelagem conceitual

A vulnerabilidade, de acordo com o Quarto Relatório de Avaliação sobre Mudanças Climáticas do IPCC (AR4 IPCC, 2007) é definida em função da exposição do sistema, da sensibilidade aos estímulos climáticos e a sua capacidade de se adaptar aos seus efeitos. Já o Quinto Relatório de Avaliação sobre Mudanças Climáticas do IPCC, publicado recentemente, introduziu uma terminologia ligeiramente diferente e mudou-se de vulnerabilidade às alterações climáticas para riscos das alterações climáticas, através da incorporação de conceitos da comunidade do risco de desastres (AR5- IPCC, 2014). Os pressupostos subjacentes seguem uma lógica semelhante tendo como ponto de partida a análise de impactos induzidos pelo clima. Neste trabalho utilizaremos a definição estabelecida no AR4-IPCC de 2007, pois o escopo desse trabalho é análise de vulnerabilidade, não contendo análise de risco climático.

O índice de vulnerabilidade integra informações disponíveis sobre às alterações climáticas, a sensibilidade físico-ambiental a esse estímulo climático e a capacidade do sistema de lidar e se adaptar às novas condições (Heltberg e Bonch-Osmolovsky, 2011).

Na maioria das vezes os impactos observados resultaram de uma sinergia entre os eventos climáticos extremos e outros fatores explicativos (por exemplo, um deslizamento de terra em uma "favela" é causado por fortes chuvas, que ocorre em um sistema caracterizado pela ocupação ilegal do ambiente inseguro, falta de planejamento territorial e habitação inadequada, entre outros).

Os grandes desafios frente às mudanças climáticas identificados em Belo Horizonte são os impactos resultantes dos deslizamentos de terra, inundações, dengue e ondas de calor (geodemográfico). Todas as variáveis explicativas selecionadas para caracterizar os impactos e a capacidade de adaptação foram georreferenciadas e normalizadas para torná-las espacialmente comparáveis e agregáveis em um índice médio ponderado. A escolha dos pesos para cada variável foi baseada na revisão bibliográfica e nos resultados das calibração dos modelos.

Finalmente, igual ponderação foi usada para agregar os três índices de exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação à vulnerabilidade, através do “Modelo para a

avaliação da vulnerabilidade” (em inglês, Model for Vulnerability Evaluation - MOVE)<sup>26</sup>. O MOVE trata-se de uma plataforma integrada de avaliação da vulnerabilidade e riscos associados às mudanças climáticas aplicável em diferentes recortes temáticos e produtivos, em múltiplas escalas e a partir de diferentes cenários climáticos.

Uma abordagem espacial foi necessária para identificar as regiões onde os impactos das mudanças climáticas se concentram, resultando em *hotspots* de vulnerabilidade (Oppenheimer *et al.*, 2014). Estes *hotspots* são considerados áreas prioritárias e, portanto, seus atributos foram analisados com um maior grau de detalhes. Um maior detalhamento das características dos *hotspots* garante uma melhor compreensão das causas que determinaram valores elevados de vulnerabilidade e oferece uma resposta às demandas de onde intervir, como fazer e quanto gastar para se adaptar.

O índice de vulnerabilidade, por conseguinte, foi decomposto em suas variáveis explicativas (OCDE, 2008) para melhor compreender os valores elevados de vulnerabilidade. Assim, cada variável foi analisada individualmente para identificar as variações no ambiente, governança, infraestrutura, saúde, educação, características físicas da cidade, entre outros, ajudando a definir uma lista preliminar de medidas de adaptação baseadas em evidências robustas. Intervenções de adaptação visam reforçar a resiliência do sistema, melhorando a sua capacidade de responder ao estresse do clima (capacidade de adaptação) e reduzindo a sua fraqueza física, ambiental e socioeconômica (sensibilidade), garantindo assim oportunidades adicionais para a sustentabilidade e crescimento.

---

<sup>26</sup> [www.moveonadaptation.com](http://www.moveonadaptation.com)

### 3.2 VULNERABILIDADE À INUNDAÇÃO

#### 3.2.1 Capacidade de adaptação

A Tabela 14 apresenta os dados de entrada necessários para o mapeamento da capacidade de adaptação a inundações do município de Belo Horizonte. A metodologia para elaboração da Capacidade de Adaptação a inundações de Belo Horizonte está no APÊNDICE B.

Os indicadores foram empregados a fim de avaliar as condições infraestruturas e socioeconômicas para redução e recuperação frente aos Impactos Potenciais de Inundação.

**Tabela 14: Dados de entrada do modelo de Capacidade de Adaptação a Inundações.**

CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
População em Vilas (%)	SUDECAP <sup>27</sup>	Belo Horizonte 5 metros	2014
População Baixa Renda	IBGE <sup>28</sup>	Belo Horizonte 5 metros	2010
Núcleos de Alerta de Chuva	COMDEC <sup>29</sup>	Belo Horizonte 1: 35.000	2010
Empreendimentos para Redução do Risco a Inundações	COMDEC	Belo Horizonte	2015
Reservatórios para Controle de Cheias	COMDEC	Belo Horizonte	2015

Afim de modelar os benefícios oriundos de investimentos em curso e futuros em capacidade de adaptação para redução de inundações, o mapeamento da capacidade de adaptação foi feito para dois momentos temporais: 2016 e 2030. A Figura 22 apresenta a Capacidade de Adaptação a Inundações de Belo Horizonte, segundo o período atual (2016) e a [Figura 23](#) em 2030.

<sup>27</sup> SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital)

<sup>28</sup> IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

<sup>29</sup> Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - Belo Horizonte

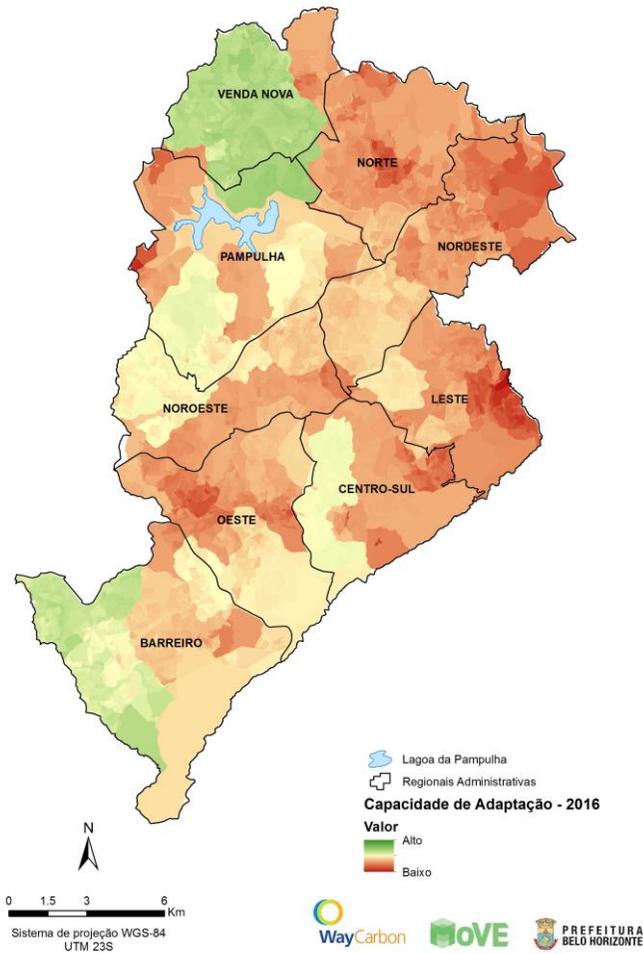


Figura 22 -Capacidade de Adaptação a Inundação em 2016.

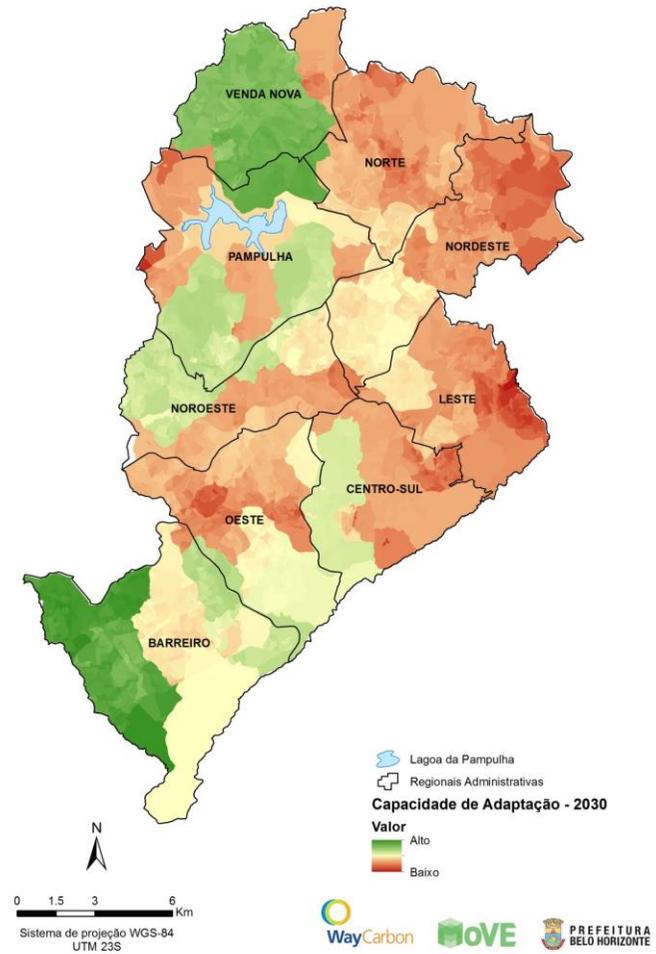


Figura 23 -Capacidade de Adaptação a Inundação em 2030.

A Tabela 15 apresenta as informações de Capacidade de Adaptação para dois períodos (2016 e 2030), especializadas segundo as regionais administrativas do município de Belo Horizonte. As informações das principais sub-bacias hidrográficas podem ser vistas no Apêndice B.

**Tabela 15: Capacidade de Adaptação - Regionais Administrativas.**

Regional	2016		2030		Variação Média (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Barreiro	0,57	<b>0,41</b>	0,84	<b>0,57</b>	<b>36,96</b>
Centro- Sul	0,46	0,33	0,51	0,35	5,59
Leste	0,43	<b>0,26</b>	0,43	<b>0,26</b>	<b>0,00</b>
Nordeste	0,48	0,27	0,62	0,29	6,51
Noroeste	0,51	0,34	0,65	0,40	16,85
Norte	0,62	0,27	0,75	0,29	8,05
Oeste	0,46	0,32	0,61	0,36	11,06
Pampulha	0,63	0,38	0,76	0,44	15,04
Venda Nova	0,71	0,51	0,83	0,59	17,04

Em relação à Capacidade de Adaptação a inundações das regionais administrativas de Belo Horizonte, os resultados indicam que a regional de maior resiliência a inundação é a de Venda Nova, seguida da regional Barreiro. Essas regionais apresentam as sub-bacias com maior capacidade de adaptação, a saber: Córregos do Nado e Vilarinho (Venda Nova); Córrego do Jatobá (Barreiro).

As regionais Pampulha, Noroeste, Centro-Sul e Oeste apresentam Capacidades de Adaptação médias relativamente inferiores, mas ainda dentro da média geral de Belo Horizonte. Algumas sub-bacias situadas dentro dessas regionais merecem destaque, por apresentarem altas capacidades de adaptação Córrego da Ressaca e Ribeirão Pampulha (Pampulha); Córrego Engenho Nogueira (Noroeste); Córrego do Leitão (Centro- Sul); e Córrego Pintos (Oeste).

Os menores valores de Capacidade de adaptação a inundações são das regionais Norte, Nordeste e Leste. Em consonância à esses resultados, as sub-bacias dessas regionais com baixas Capacidades de Adaptação foram: Ribeirão do Isidoro e Córrego do Açudinho (Norte);

Ribeirão da Onça e Córrego Gorduras (Nordeste); e Córregos do Navio, Santa Inês, Ituiutaba e São Geraldo (Leste).

A disposição de áreas de alta e baixa Capacidade de Adaptação ao longo das regionais administrativas de Belo Horizonte se associa à maior ou menor condição infra-estrutural relacionada à empreendimentos para redução de Inundações e bacias para detenção de cheias. Fatores de mobilização social e socioeconômicos como a presença de núcleos de alerta de chuva, percentual da população residente em vilas e população de baixa renda também são influentes sobre a Capacidade de Adaptação do território municipal.

Um dos principais fatores para a alta Capacidade de Adaptação da regional Venda Nova se associa à elevada presença de núcleos de alerta de chuva em bacias hidrográficas que possuem áreas dentro do território dessa regional, a saber: Córrego Vilarinho (5 Núcleos); Córrego do Nado (2 Núcleos); Ribeirão do Isidoro (1 Núcleo); Córrego Floresta (1 Núcleo).

A alta Capacidade de Adaptação da regional Venda Nova está também associada, em parte, pela elevada presença de reservatórios para controle de cheias em bacias hidrográficas que estão dispostas ao longo do seu território, a saber: a bacia dos Córregos do Nado e Vilarinho. A bacia do Córrego Vilarinho possui dois reservatórios para controle de cheias: a Bacia de Detenção do Vilarinho; e a Bacia de Detenção da Avenida Liége. Por sua vez, a bacia do Córrego do Nado também possui dois reservatórios, a saber: Reservatório do Parque do Nado e Bacias de Detenção Várzea da Palma.

Por fim, ressalta-se que outro fator que se associa à elevada Capacidade de Adaptação da regional Venda Nova se refere à existência de dois empreendimentos para redução de inundações na bacia do Córrego do Nado.

Em relação ao Barreiro, sua alta Capacidade de Adaptação está associada principalmente à elevada presença de empreendimentos para redução de inundações, grande número de núcleos de alerta de chuva e pela disposição de reservatório para controle de cheias em seu território. O Barreiro possui quatro empreendimentos para redução de inundações, sendo duas obras na bacia do Córrego Jatobá, uma na bacia do Ribeirão Barreiro e outra na bacia do Córrego Bonsucesso.

Cinco núcleos de alerta de chuva estão dispostos em bacias hidrográficas que perpassam o território da regional Barreiro, com a seguinte configuração: Córrego Jatobá (3 Núcleos);

Ribeirão Barreiro (1 Núcleo); Ribeirão Bonsucesso (1 Núcleo). Por fim, a regional Barreiro conta com um reservatório para detenção das cheias em uma bacia hidrográfica que perpassam o seu território: a Bacia de Detenção do Córrego Bonsucesso. A baixa resiliência a inundações das regionais Leste, Nordeste e Norte se associam à elevada disposição de população residente em áreas informais e com baixo rendimento financeiro mensal ao longo das bacias hidrográficas que atravessam o território dessas regionais.

A regional Leste, por exemplo, possui baixa capacidade de adaptação, associada à população de baixa renda e de vilas e favelas das seguintes bacias hidrográficas: Ribeirão Arrudas (Bairros Mariano de Abreu e Vera Cruz); Córrego São Geraldo (Bairro Mariano de Abreu); Córrego Taquaril (Bairro Vera Cruz, Bairro Cidade Jardim Taquaril, Bairro Pirineus e Bairro Jonas Veiga); Córrego Freitas (Bairro Vera Cruz); Córrego Olaria (Bairro das Castanheiras); e Córrego do Navio (Bairro Paraíso e Bairro da Baleia).

É importante ressaltar que, as regionais Leste e Nordeste, não possuem bacias para controle de cheias dispostas dentro de seus territórios, fator esse que favoreceu a baixa Capacidade de Adaptação na modelagem do presente estudo.

A diminuta Capacidade de Adaptação das regionais Norte e Nordeste se associa, também, a não existência de empreendimentos para redução de inundações dentro dessas regionais, as quais poderiam favorecer a ampliação da resiliência dessas áreas.

Por fim, ressalta-se que a regional Norte apresenta grande porção territorial sem a presença de núcleos de alerta de chuva, fator esse que leva a uma baixa Capacidade de Adaptação dessa regional.

A variação entre a Capacidade de Adaptação presente (2016) e futura (2030) advinda de investimentos em curso e futuros em capacidade de adaptação para redução de inundações mostra que a região que mais se beneficiará com as obras é a regional do Barreiro, com destaque para as sub-bacias do Córrego do Jatobá e Ribeirão Barreiro. A regional Venda Nova também apresentou expressivo aumento de sua Capacidade de Adaptação, representado principalmente pelo Córrego do Nado.

As regionais Pampulha e Noroeste seguem como as segundas mais beneficiadas com as obras. Nesse sentido, menciona-se as sub-bacias dos Córregos Pampulha e Engenho Nogueira, respectivamente, como sendo expoentes desse aumento da Capacidade Adaptativa.

Deve-se ressaltar que as regiões Oeste, Norte, Nordeste e Centro-Sul também aumentarão a resiliência a impactos por inundações. A única regional que não apresenta variação da Capacidade de Adaptação é a regional Leste. Outras sub-bacias merecem destaque, por também apresentarem aumento na Capacidade de Adaptação, foram elas: Córrego do Leitão (Centro - Sul); Córrego Pintos (Oeste); Ribeirão Pampulha (Pampulha); Córrego Cachoeirinha (Nordeste); Ribeirão Barreiro (Barreiro); e Ribeirão da Onça (Nordeste).

A alta variação da Capacidade de Adaptação do Barreiro se dá em virtude de benefícios oriundos de investimentos em curso e futuros para redução de inundações. Nesse sentido, no que se refere a empreendimentos para redução de inundações, estão previstos: Córrego Jatobá (2 empreendimentos); Ribeirão Barreiro (1 empreendimento); Ribeirão Bonsucesso (3 empreendimentos); e Ribeirão Arrudas (1 empreendimento). Ressalta-se ainda a previsão de obras para reservatórios de cheias na regional Barreiro, a saber: Córrego Jatobá (2 Bacias de Detenção - dos Córregos Olaria e Túnel); e Ribeirão Arrudas (1 Reservatório no Bairro das Indústrias).

A regional Pampulha apresenta variação positiva em sua capacidade de adaptação devido à implementação de um novo reservatório (Córrego Engenho Nogueira - Bacia de Detenção do São Francisco) e dois novos empreendimentos para redução de inundações.

Por fim, o aumento da resiliência a inundações na regional Noroeste se associa à construção de um reservatório de cheias (Ribeirão Arrudas - Bacia de Detenção do Calafate) e duas novas obras para redução de inundações.

### 3.2.2 Resultados

A Figura 24 apresenta o mapa de vulnerabilidade às inundações de Belo Horizonte, segundo o período atual (2016) e a Figura 25 a vulnerabilidade às inundações de Belo Horizonte para o período 2030.

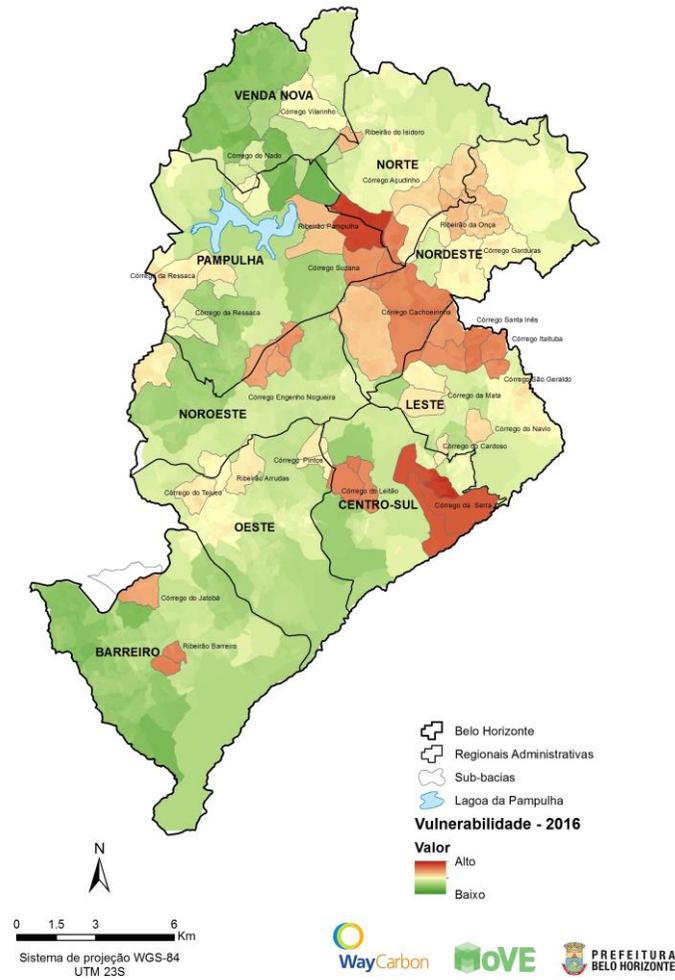


Figura 24 -Vulnerabilidade às inundações em 2016.

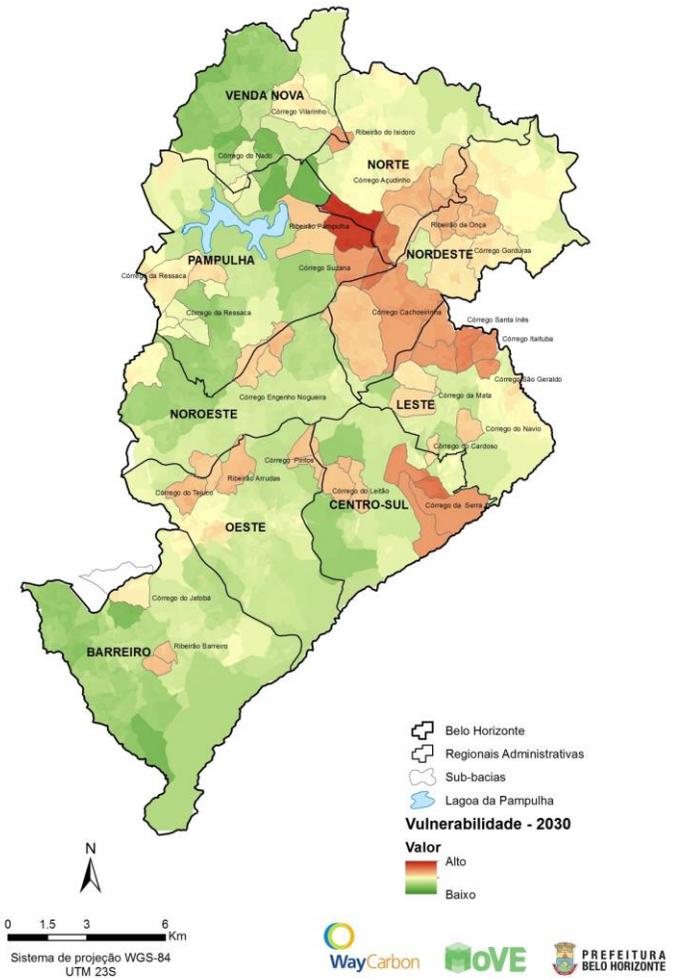


Figura 25 -Vulnerabilidade às inundações em 2030.

As Tabela 16 e Tabela 17 apresentam as informações do índice de vulnerabilidade para os períodos atual (2016) e simulado (2030), sem e com a implementação de medidas de adaptação, espacializadas segundo as regionais administrativas do município de Belo Horizonte. As informações das principais sub-bacias hidrográficas podem ser vistas no Apêndice B.

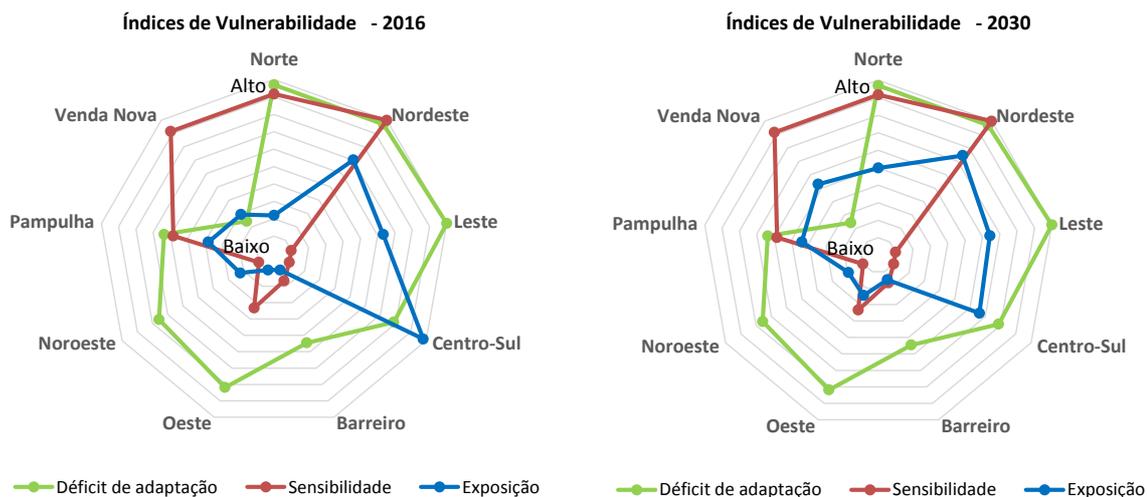
**Tabela 16: Vulnerabilidade às inundações - Regionais Administrativas (sem medidas de adaptação)**

Regional	2016		2030		Variação Relativa (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Nordeste	0,74	<b>0,49</b>	0,79	<b>0,49</b>	0,87
Leste	0,83	0,45	0,71	0,45	0,00
Centro- Sul	0,86	0,44	0,74	0,41	<b>-7,83</b>
Norte	0,86	0,43	0,87	0,46	6,63
Pampulha	0,86	0,37	0,87	0,37	1,45
Noroeste	0,74	0,36	0,66	0,35	-0,95
Oeste	0,67	0,36	0,63	0,38	7,47
Venda Nova	0,68	0,29	0,71	0,32	<b>8,78</b>
Barreiro	0,72	<b>0,29</b>	0,59	<b>0,31</b>	5,25

**Tabela 17: Vulnerabilidade às inundações - Regionais Administrativas (com medidas de adaptação)**

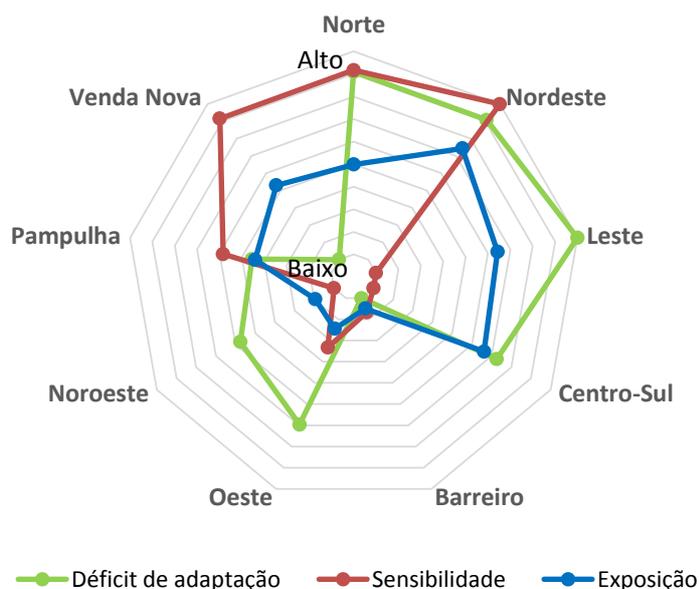
Regional	2016		2030		Variação Relativa (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Nordeste	0,74	<b>0,49</b>	0,79	<b>0,48</b>	-1,34
Leste	0,83	0,45	0,71	0,45	0,00
Centro- Sul	0,86	0,44	0,74	0,40	-10,37
Norte	0,86	0,43	0,85	0,45	<b>3,53</b>
Pampulha	0,86	0,37	0,87	0,34	-8,23
Noroeste	0,74	0,36	0,63	0,32	-10,79
Oeste	0,67	0,36	0,63	0,36	1,33
Venda Nova	0,68	<b>0,29</b>	0,71	0,27	-9,33
Barreiro	0,72	<b>0,29</b>	0,56	<b>0,21</b>	<b>-26,98</b>

Os Gráfico 2 e Gráfico 3 apresentam a composição dos índices componentes da análise de vulnerabilidade às mudanças climáticas de Belo Horizonte, para 2016 e 2030, sem medidas de adoção e o Gráfico 3 com a implementação de medidas de adaptação até o ano de 2030



**Gráfico 2: Perfil de Vulnerabilidade às inundações - 2016 e 2030**

**Índices de Vulnerabilidade (+ Medidas de Adaptação) - 2030**



**Gráfico 3: Perfil de Vulnerabilidade às inundações com medidas de adaptação em 2030**

A análise dos gráficos permite avaliar as variáveis influentes sobre a Vulnerabilidade das regionais administrativas de Belo Horizonte. Nesse sentido, quanto mais distantes do círculo central do gráfico, maior é o índice em análise (Sensibilidade, Exposição, Déficit de Adaptação), e quanto mais índices estiverem de maneira combinada na borda exterior do gráfico, maior será a Vulnerabilidade da regional em análise.

A regional de maior Vulnerabilidade às Inundações de Belo Horizonte é a regional Nordeste, a qual possui sub-bacias vulneráveis, a saber: Córrego Cachoeirinha; Ribeirão da Onça e Córrego Gorduras. A regional Leste surge como a segunda de maior Vulnerabilidade do município de Belo Horizonte, e possui 6 sub-bacias vulneráveis às inundações, a saber: Córrego Ituiutaba; Córrego São Geraldo; Córrego Santa Inês; Córrego do Navio; Córrego da Mata; Córrego da Av. Mem de Sá.

A terceira regional que apresentou maior Vulnerabilidade foi a Centro-Sul, a qual possui duas sub-bacias de alta vulnerabilidade: Córrego da Serra; e Córrego do Leitão. A Região Norte é a quarta mais vulnerável de Belo Horizonte e possui duas sub-bacias hidrográficas com expressivas Vulnerabilidades: Ribeirão do Isidoro e Córrego do Açudinho.

As regionais Pampulha, Noroeste e Oeste apresentam Vulnerabilidades próximas à média municipal. As sub-bacias de maior expressão dessas regionais são: Córrego Suzana, da Ressaca e Ribeirão Pampulha (Regional Pampulha); Córrego Engenho Nogueira (Regional Noroeste); e Córrego Pintos - Avenida Francisco Sá (Regional Oeste).

A modelagem efetuada no presente estudo demonstrou que as regionais administrativas de menor Vulnerabilidade são Venda Nova e Barreiro. Em relação à Vulnerabilidade advinda da simulação das mudanças climáticas previstas até o ano de 2030, os resultados indicam aumento da Vulnerabilidade média para o município de Belo Horizonte, sendo as regionais Barreiro e Venda Nova as que tendem a apresentar maior aumento de suas respectivas vulnerabilidades.

As sub-bacias hidrográficas apresentam variações diversificadas acerca da Vulnerabilidade às mudanças climáticas, com variações positivas e negativas. As sub-bacias que apresentaram tendência de aumento de exposição às mudanças climáticas foram: Ribeirão Pampulha, Córrego da Ressaca e Córrego Suzana (Regional Pampulha); Ribeirão do Isidoro e Córrego Açudinho (Regional Norte); Córrego da Avenida Mem de Sá, Córrego da Mata e Córrego do Navio (Regional Leste); Córrego Pintos - Avenida Francisco Sá (Regional Oeste);

Ribeirão da Onça e Córrego Gorduras (Nordeste). Dentre essas, as sub-bacias de maior variação positiva de vulnerabilidade foram: Córrego Pintos (Avenida Francisco Sá), Córrego Açudinho e Ribeirão do Isidoro.

As sub-bacias que apresentaram tendência de diminuição de exposição às mudanças climáticas foram: Córrego da Serra e Córrego do Leitão (Regional Centro-Sul), Córrego do Jatobá e Ribeirão Barreiro (Regional Barreiro); Córrego Engenho Nogueira (Regional Noroeste); Córrego Cachoeirinha (Regional Nordeste); Córrego Ituiutaba, Córrego Santa Inês e Córrego São Geraldo (Regional Leste); Córrego do Nado e Córrego Vilarinho (Venda Nova); Córrego Suzana e Córrego da Ressaca (Regional Pampulha). As diminuições mais expressivas de Vulnerabilidade foram das sub-bacias: Córrego da Serra, Córrego do Leitão, Ribeirão Barreiro e Córrego do Jatobá.

A vulnerabilidade às inundações de Belo Horizonte através de simulações de mudanças climáticas com a implementação de medidas de adaptação permitiu avaliar as regionais administrativas e sub-bacias que irão se beneficiar com o aumento da resiliência climática. Nesse sentido, as regiões que apresentaram tendência de diminuição da Vulnerabilidade foram: Barreiro, Venda Nova, Noroeste, Pampulha, Centro-Sul e Nordeste. Dentre essas, a regional Barreiro foi a que se apresentou mais beneficiada, sendo a de variação negativa mais expressiva.

Em relação às sub-bacias hidrográficas, a implementação de medidas de adaptação mostrou tendência de trazer benefícios através da diminuição da Vulnerabilidade para as seguintes sub-bacias: Córrego Jatobá e Ribeirão Barreiro (Regional Barreiro); Córregos do Nado e Vilarinho (Venda Nova); Córregos da Serra e do Leitão (Regional Centro-Sul); Ribeirão Pampulha, Córregos Suzana e Ressaca (Regional Pampulha); Córregos Ituiutaba, São Geraldo e Santa Inês (Regional Leste); Córrego Cachoeirinha (Regional Nordeste); e Córrego Engenho Nogueira (Regional Noroeste). Dentre essas, pode-se citar como algumas que figuram com tendências à diminuição da Vulnerabilidade mais expressivas os Córregos Jatobá, Engenho Nogueira e o Ribeirão Barreiro.

### 3.2.3 Discussão

O modelo de vulnerabilidade às inundações de Belo Horizonte permitiu avaliar as regionais administrativas e sub-bacias hidrográficas mais e menos vulneráveis do território municipal, a partir do cruzamento do Índice de Impacto Potencial (formado pelos indicadores de Sensibilidade e Exposição) com o Índice de Capacidade de Adaptação.

A alta Vulnerabilidade da região Nordeste se deve principalmente à sua expressiva Sensibilidade e falta de Capacidade de Adaptação, associados: i) À composição geomorfológica de áreas aplainadas e favoráveis ao transbordamento das águas fluviais; ii) Ao elevado percentual de populações residente em áreas inundáveis; iii) À não existência de empreendimentos para redução de inundações; E iv) à ausência de Bacias para Controle de cheias dispostas dentro de seu território.

Em relação à regional Leste, a elevada Vulnerabilidade se associa principalmente à expressiva Exposição de suas sub-bacias hidrográficas e à baixa resiliência de seu território. A regional Leste é a que apresenta maior número de sub-bacias hidrográficas com áreas inundáveis, algumas delas com tempos de retorno associados aos níveis de chuva relativamente baixos que causam riscos às inundações (elevada ocorrência), fatores esses que justificam a alta Exposição dessa região. No que se refere à Capacidade de Adaptação, o déficit apresentado por essa região se deve principalmente à elevada população de vilas e favelas com baixo rendimento mensal e à ausência de reservatórios para controle de cheias.

A regional Centro-Sul é a que possui maior exposição às inundações de Belo Horizonte, principalmente pelos baixos níveis de chuva horária necessários à ocorrência de inundações em Córregos como os da Serra e do Leitão. Além disso, essa regional apresenta alto Déficit de Capacidade de Adaptação, principalmente pelos relativos pequenos números de núcleos de alerta de chuva e empreendimentos para redução de inundações. A combinação desses fatores incidiu na formação de uma alta Vulnerabilidade para essa regional.

A expressiva vulnerabilidade da região Norte está vinculada principalmente às suas significantes Sensibilidade e Capacidade de Adaptação, os quais são devidos aos seguintes fatores: i) Composição geomorfológica favorável a inundações; ii) Elevado percentual de populações residente em áreas inundáveis; iii) Ausência de Empreendimentos para Redução de Inundações; E iv) expressiva porção territorial sem a presença de Núcleos de Alerta de Chuva.

As regionais Pampulha, Noroeste e Oeste possuem altos valores de Déficit de Capacidade de Adaptação, indicando que as condições socioeconômicas, infraestruturais, de sistemas de alerta e de investimentos não promovem a boa resiliência às inundações dessas regionais. Todavia, todas essas regionais apresentam baixos índices de Sensibilidade e Exposição relativos, levando, assim, à Vulnerabilidades com valores médios a inexpressivos.

A baixa Vulnerabilidade da regional Venda Nova está atrelada à sua expressiva Capacidade de Adaptação e à relativamente pequena Exposição. O alto índice de Capacidade de Adaptação de Venda Nova se deve: i) À elevada presença de reservatórios para controle de cheias; ii) À existência de empreendimentos para redução de inundações; E iii) ao elevado número de Núcleos de Alerta de Chuva.

Com relação à regional Barreiro, essa regional é de baixa Vulnerabilidade, pois apresenta, de maneira combinada, valores inexpressivos Sensibilidade e Exposição, rebaixando assim o valor do Índice final da análise de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas do presente estudo.

Os modelos de simulações das mudanças climáticas indicaram, de modo geral, um aumento da Exposição à Inundações ao longo do município, aumentando, assim, a Vulnerabilidade futura de Belo Horizonte. Nesse sentido, as regionais que apresentaram maior aumento de Exposição foram Norte, Venda Nova e Pampulha.

As tendências observadas entre as regionais e sub-bacias hidrográficas que apresentaram aumentos mais ou menos expressivos de Vulnerabilidade estão ligadas às variações observadas entre os Índices de Exposição, calculados para o momento atual, e para simulações de mudanças climáticas até o ano de 2030. Essa variação se associa a maior ou menor ocorrência de eventos de chuvas extremas que ocasionam inundações no município.

A Regional Barreiro tende a ser a mais beneficiada com a implantação de medidas de adaptação. Essa região apresentaria a variação positiva de Vulnerabilidade futura mais expressiva, porém, com a implantação de medidas de adaptação, passou a ilustrar uma tendência de apresentar a variação negativa de Vulnerabilidade mais significativa de Belo Horizonte, mostrando, assim, a importância de direcionamento de investimento para ampliar a resiliência a inundações da capital mineira.

### 3.3 VULNERABILIDADE AO DESLIZAMENTO

#### 3.3.1 Capacidade de Adaptação

A Tabela 18 apresenta os dados de entrada necessários para o mapeamento da capacidade de adaptação a deslizamento do município de Belo Horizonte:

**Tabela 18: Dados de entrada para o modelo de deslizamento**

CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
Núcleo de Alerta de Chuvas	Defesa Civil	Belo Horizonte	-
IQVU <sup>30</sup>	PBH <sup>31</sup> - SMPL <sup>32</sup>	Belo Horizonte	2014

A Tabela 19 apresenta a capacidade das regionais de Belo Horizonte de se adaptarem perante aos impactos de eventos de deslizamento. As variáveis selecionadas foram núcleo de alerta de chuva e a variável de habitação do IQVU.

Os Núcleos de Alerta de Chuva (NAC) são comissões de moradores ou usuários de locais de risco com o objetivo de alertar, monitorar e orientar famílias que se encontram localizadas em área de risco. O IQVU Habitação é um índice composto pela Qualidade da Habitação e a Segurança Habitacional. O primeiro componente qualifica a habitação segundo seu padrão de acabamento e a densidade populacional por m<sup>2</sup>, e o segundo é baseado no Índice de Risco Geológico do Terreno da SMAPU. O NAC e IQVU Habitação foram ponderados com médias simples e normalizados para obtenção da capacidade de adaptação e sua média foi estimada por regional. Dentre todas, apenas Venda Nova apresenta média acima de 0,6. As demais possuem valores menores que 0,43. Destaque para a Regional Nordeste, com apenas 0,29, o restante encontra-se entre 0,31 e 0,43 (Tabela 19) (Figura 26).

30 Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte: índice multidimensional intra-urbano, que quantifica a desigualdade espacial no interior do tecido urbano em termos de disponibilidade e acesso a bens e serviços urbanos

31 Prefeitura de Belo Horizonte

32 Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Informação

Tabela 19: Média de Capacidade de Adaptação a deslizamentos.

Regional	Média
Norte	<b>0,29</b>
Nordeste	0,39
Leste	0,31
Centro-Sul	0,40
Barreiro	0,43
Oeste	0,38
Noroeste	0,37
Pampulha	0,40
Venda Nova	<b>0,61</b>

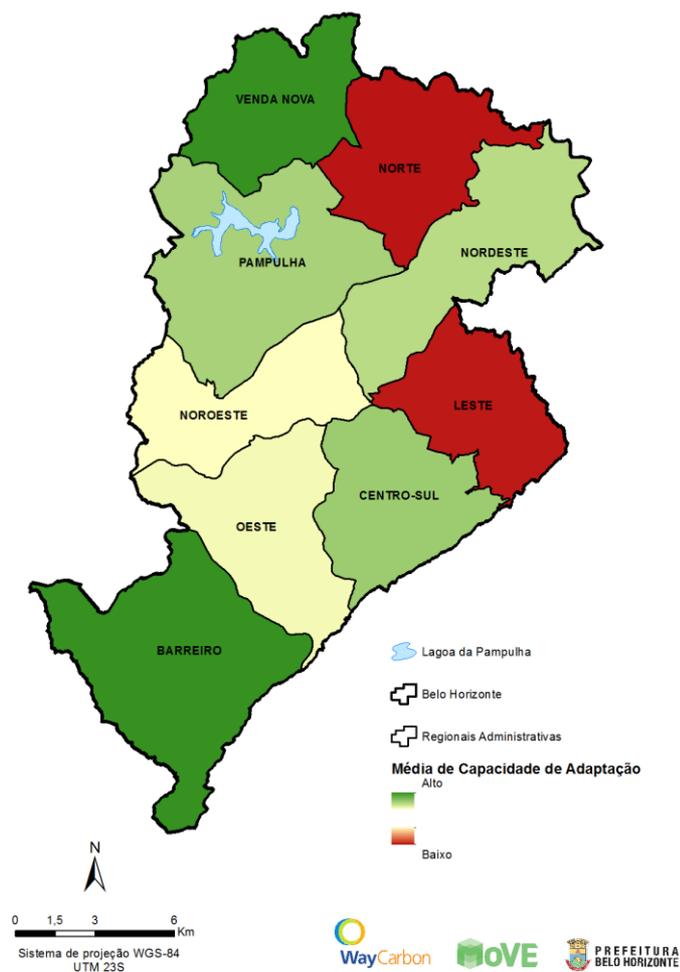


Figura 26 - Média de Capacidade de Adaptação por Regional.

### 3.3.2 Resultados

A capacidade de adaptação foi cruzada com as informações de impacto potencial, assim, chegou-se aos mapas de vulnerabilidade aos deslizamentos nos anos de 2014 e 2030 (Figura 27 e Figura 28).

O modelo de vulnerabilidade expôs que as regionais Leste, Barreiro, Nordeste e Norte foram as que apresentaram maiores concentrações nos dois períodos (Tabela 20)

**Tabela 20: Vulnerabilidade ao Deslizamento.**

Regional	Área (%)2014	Área (%) 2030	Variação (%)
Norte	21,25	<b>52,52</b>	147,11
Nordeste	24,26	39,13	61,32
Leste	<b>46,13</b>	47,99	<b>4,04</b>
Centro-Sul	20,33	22,94	12,87
Barreiro	20,56	23,10	12,37
Oeste	14,61	27,02	84,95
Noroeste	2,79	15,53	<b>455,95</b>
Pampulha	1,70	6,43	277,01
Venda Nova	<b>0,75</b>	<b>1,54</b>	104,55

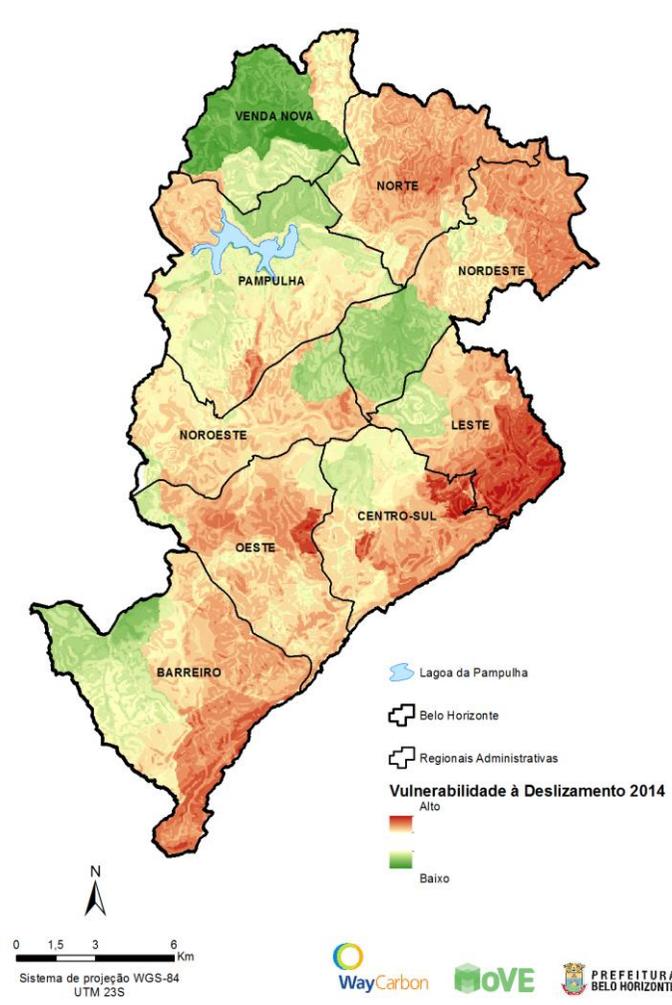


Figura 27 -Vulnerabilidade ao deslizamento em 2016.

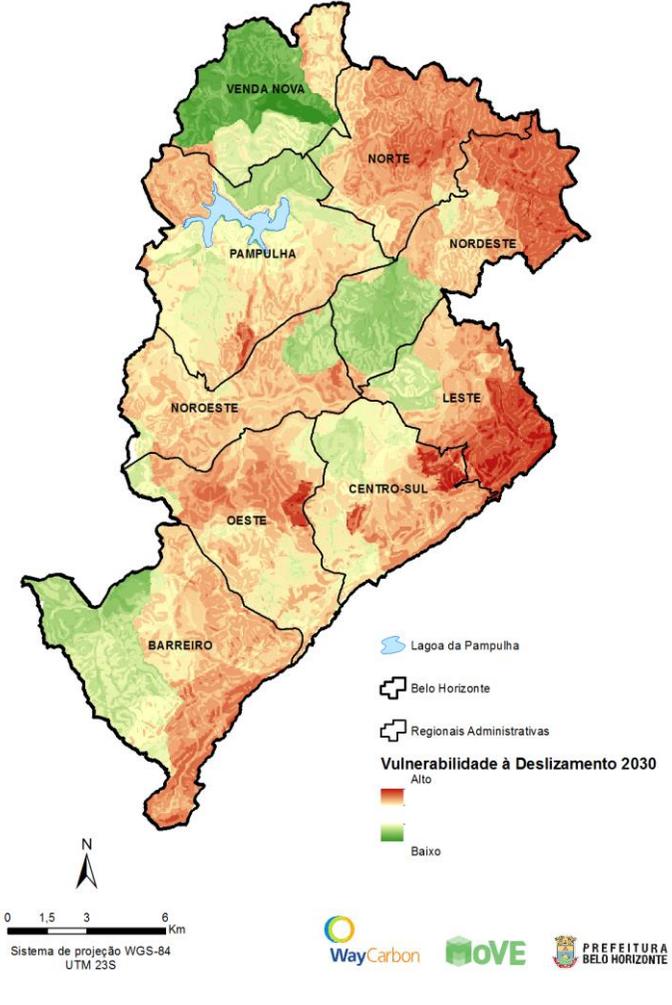
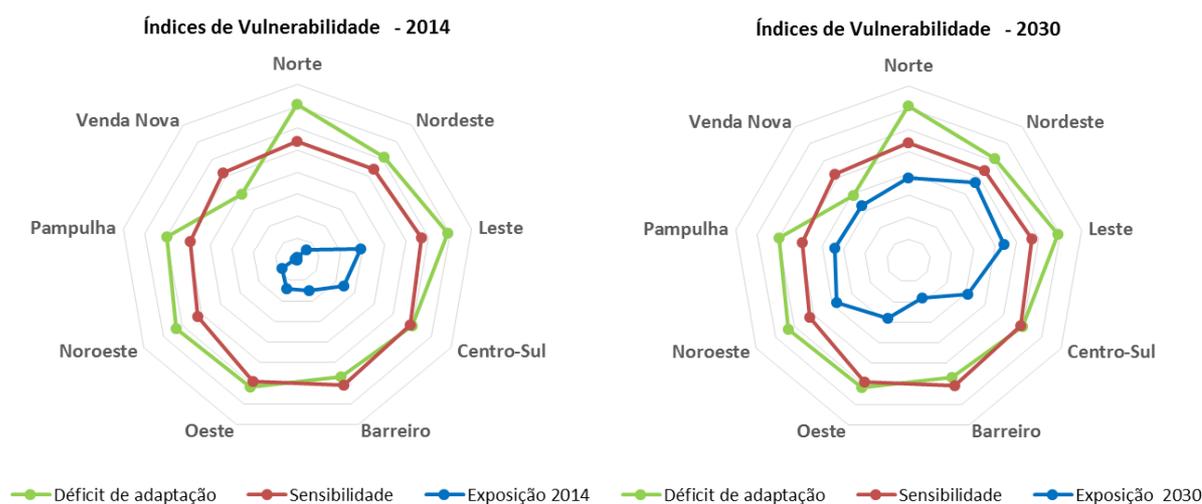


Figura 28 -Vulnerabilidade ao deslizamento em 2030.

### 3.3.3 Discussão

A avaliação integrada entre o déficit de adaptação, sensibilidade e exposição, apresentada no Gráfico 4 possibilita aferir a interação de cada elemento na variação da vulnerabilidade de cada regional. Cabe ressaltar novamente que fatores de sensibilidade física, permaneceram constantes na análise. A capacidade de adaptação também se manteve constante devido à falta de projeções sobre expansão da rede de monitoramento e a variação do IQVU até 2030. Outro ponto importante a salientar é o comportamento da exposição. As séries foram normalizadas usando o menor e maior valor de ambas, tornando então evidente a diferença entre o período 2014 e 2030.



**Gráfico 4: Perfil de Vulnerabilidade ao Deslizamento em 2014 e 2030**

A grande concentração de *hotspot* na porção Leste do município se dá devido a alta declividade e ocorrência de rochas suscetíveis a erosão, além poucos Centro de Alerta de Chuva (CNA) e concentração de habitações de baixo padrão. O mesmo ocorre ao sul da regional Centro-Sul, que concentra seus *hotspots* nas regiões de alto impacto potencial e baixa capacidade.

O Barreiro, por sua vez, apresenta grande vulnerabilidade na região do Parque do Rola Moça, área inabitada. Porém a evolução estimada é observada em seu limite norte, área de sensibilidade considerável e de baixa cobertura dos CNA e baixo IQVU.

Na porção central da regional Oeste, é observado áreas vulneráveis influenciadas, majoritariamente, pela sensibilidade física e baixa capacidade de adaptação. Na regional Noroeste a evolução da vulnerabilidade é influenciada pela variação temporal do impacto potencial, somada ao déficit de capacidade.

Na porção norte do município as regionais Norte e Nordeste apresentam considerável concentração de vulnerabilidade. São observados *hotspots* de impacto, principalmente nas regiões de depósito aluvial. Mas o peso relevante neste contexto foi a baixa capacidade de adaptação acompanhado do aumento de extremos de acumulo de precipitação em dias consecutivos. Com menor concentração, Venda Nova e Pampulha também apresentam pontos de vulnerabilidade elevada, principalmente na região do Engenho Nogueira, Serra verde e Braúnas.

### 3.4 VULNERABILIDADE À DENGUE

#### 3.4.1 Capacidade de adaptação

A Tabela 21 apresenta os dados de entrada necessários para o mapeamento da capacidade de adaptação a dengue do município de Belo Horizonte:

**Tabela 21: Dados de entrada para o indicador de capacidade de adaptação à dengue.**

CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
Densidade Populacional	SMMA <sup>33</sup> SUDECAP <sup>34</sup>	Belo Horizonte Sub bacias	2014
Rendimento Nominal	IBGE <sup>35</sup>	Belo Horizonte Setor Censitário	2010
IQVU Saúde <sup>36</sup>	SMPL <sup>37</sup>	Belo Horizonte Unidade de Planejamento	2014

O Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU) é um dos instrumentos de planejamento da Prefeitura de Belo Horizonte e possui três características básicas: i) avalia a quantidade e a qualidade da oferta de bens e serviços públicos e privados no espaço intra-urbano; ii) é composto por indicadores passíveis de atualização em um curto intervalo de tempo (anuais ou bienais); e iii) é calculado a partir de informações provenientes dos próprios órgãos municipais e dos prestadores de serviços públicos

A capacidade de adaptação demonstrada pela Figura 29 apresenta baixos valores para as regionais Venda Nova, Norte e Nordeste e em contrapartida valores mais relevantes na regional Pampulha e Centro Sul, que apresenta o maior índice, na ordem de 62% (Tabela 22). Apesar de maior capacidade de adaptação que as demais regionais, a regional Centro Sul ainda se encontra com considerável déficit de adaptação para o impacto potencial esperado em 2030.

<sup>33</sup> SMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente)

<sup>34</sup> SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital)

<sup>35</sup> IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

<sup>36</sup> IQVU Saúde (Índice de qualidade de vida urbana)

<sup>37</sup> SMPL (Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Informação)

Tabela 22: Capacidade de adaptação à dengue- Regionais Administrativas

Regional	Capacidade de adaptação	
	Máxima	Média
Norte	0,59	0,49
Nordeste	0,64	0,47
Leste	0,69	0,51
Centro-Sul	0,82	0,62
Barreiro	0,67	0,50
Oeste	0,72	0,54
Noroeste	0,62	0,52
Pampulha	0,68	0,56
Venda Nova	0,60	0,45

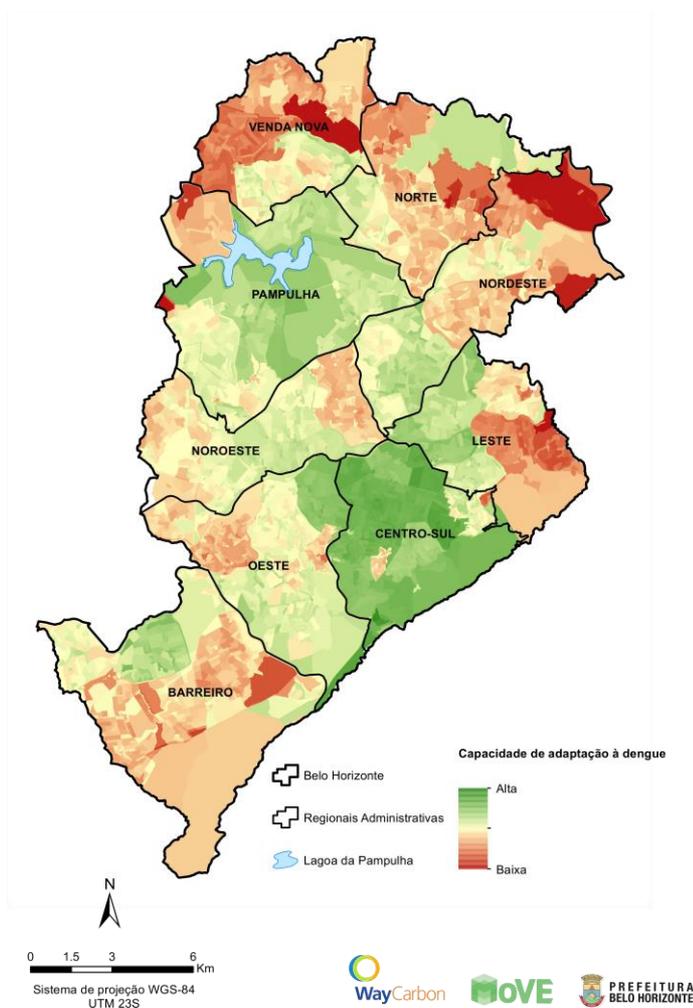


Figura 29 - Capacidade de adaptação à dengue em Belo Horizonte

### 3.4.2 Resultados

A distribuição espacial da capacidade de adaptação acaba por reduzir o impacto potencial em áreas onde ele se apresentava com grande relevância. Pelo cruzamento do mapa de impacto potencial com o de capacidade de adaptação foi gerado o mapa de vulnerabilidade como pode ser observado na Figura 30 para uma análise do momento presente (2016) e na Figura 31 para compreender o cenário de vulnerabilidade no ano de 2030, mantidos a mesma sensibilidade e capacidade de adaptação atuais. Observa-se que a regional Venda Nova apresenta o maior índice de vulnerabilidade seguidos pela regional Norte e Nordeste (Tabela 23). Em contrapartida, a região Centro Sul apresenta o menor índice, seguido da regional Barreiro e Oeste, tanto no momento atual quanto no cenário simulado.

**Tabela 23: Vulnerabilidade à dengue - Regionais Administrativas**

Regional	2016		2030		Variação Relativa (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Norte	0,62	0,47	0,69	0,56	19,15
Nordeste	0,60	0,46	0,67	0,55	19,57
Leste	0,61	0,42	0,68	0,52	23,81
Centro-Sul	0,49	0,34	0,59	0,45	32,35
Barreiro	0,52	0,38	0,62	0,50	31,58
Oeste	0,51	0,38	0,60	0,51	34,21
Noroeste	0,53	0,44	0,61	0,54	22,73
Pampulha	0,64	0,42	0,70	0,52	23,81
Venda Nova	0,65	0,48	0,71	0,58	20,83

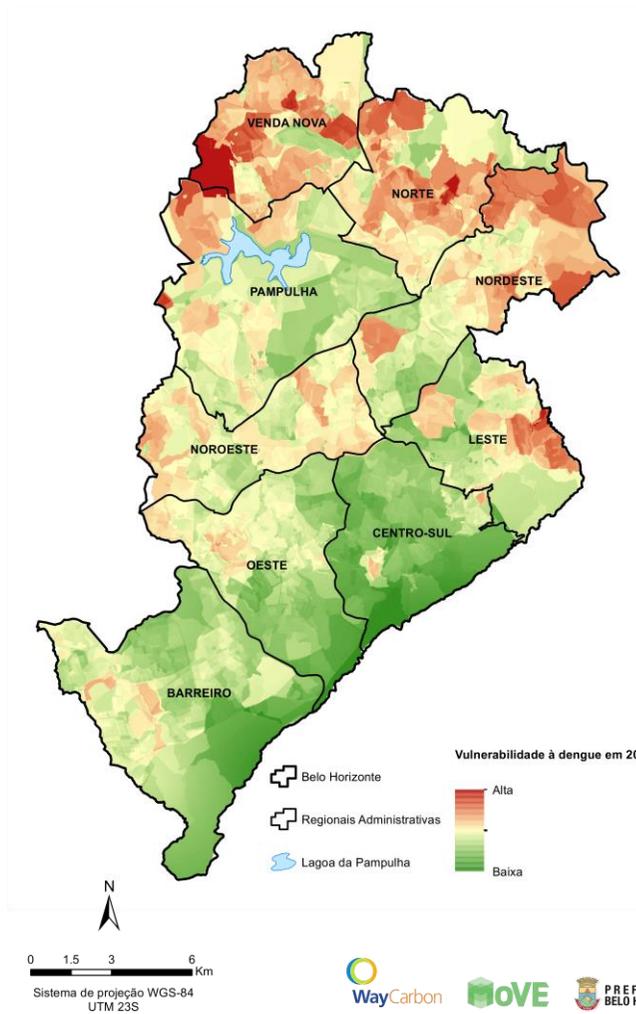


Figura 30 -Vulnerabilidade à Dengue em 2016.

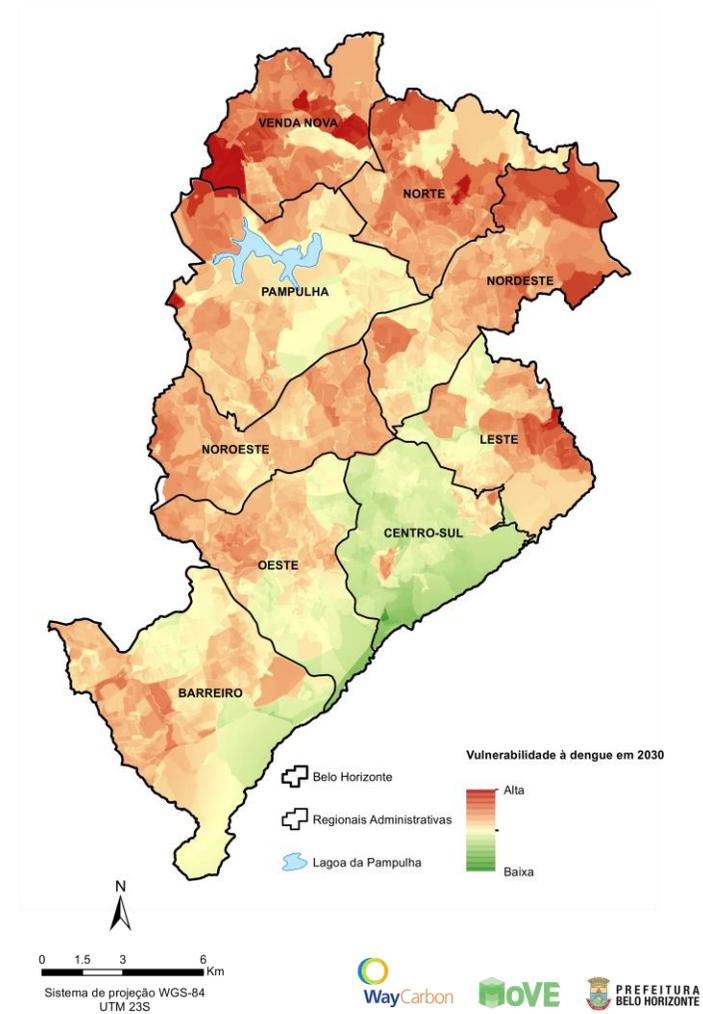
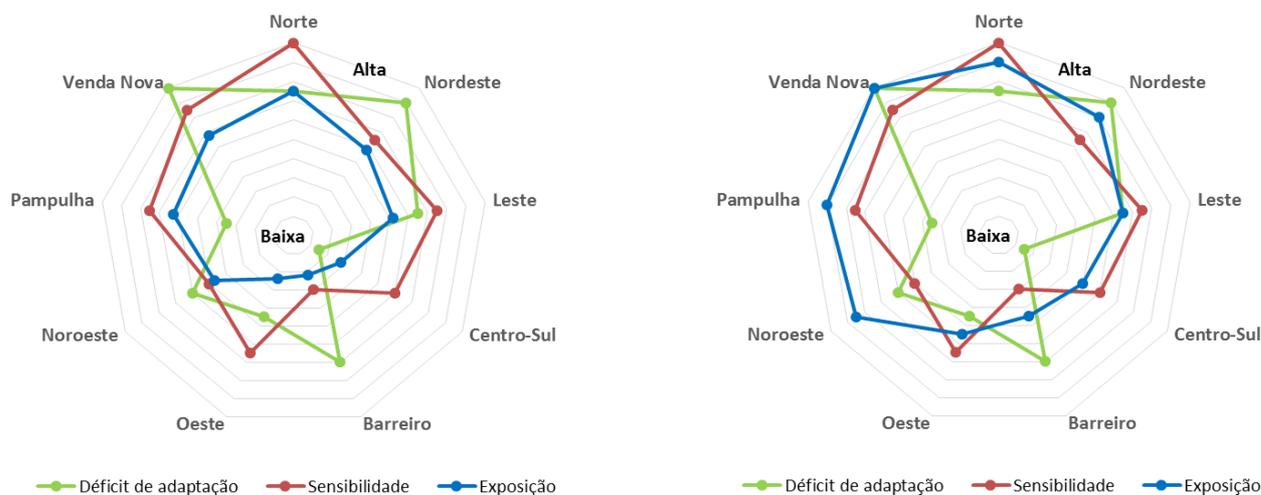


Figura 31 -Vulnerabilidade à Dengue em 2030.

Para a compreensão da formação do perfil de vulnerabilidade são apresentados no Gráfico 5 uma qualificação para os indicadores de sensibilidade, exposição e déficit de adaptação por regional administrativa.



**Gráfico 5: Perfil de Vulnerabilidade à Dengue em 2016 e 2030.**

Considerando a manutenção do cenário de sensibilidade e a inação reativa ou proativa diante do impacto ao longo dos anos, o perfil reflete uma alteração futura apenas do indicador de exposição climática. Esse indicador baseado nas mudanças climáticas e sua relação com o impacto potencial à dengue, acaba dando maior peso a vulnerabilidade futura e direcionando ações para outras regiões até então menos importantes atualmente.

A fim de ressaltar de forma mais pontual e focada as regiões de maior propensão aos danos que podem ser causados pelo impacto potencial à dengue, definiu-se os *hotspots* de vulnerabilidade, ou seja, áreas que apresentam vulnerabilidade acima de 0,6 (em uma escala de 0 a 1). Os *hotspots* de vulnerabilidade são apresentados na Figura 32 e Figura 33 e permitem identificar as áreas prioritárias para as tomadas de decisão no momento presente e em 2030.

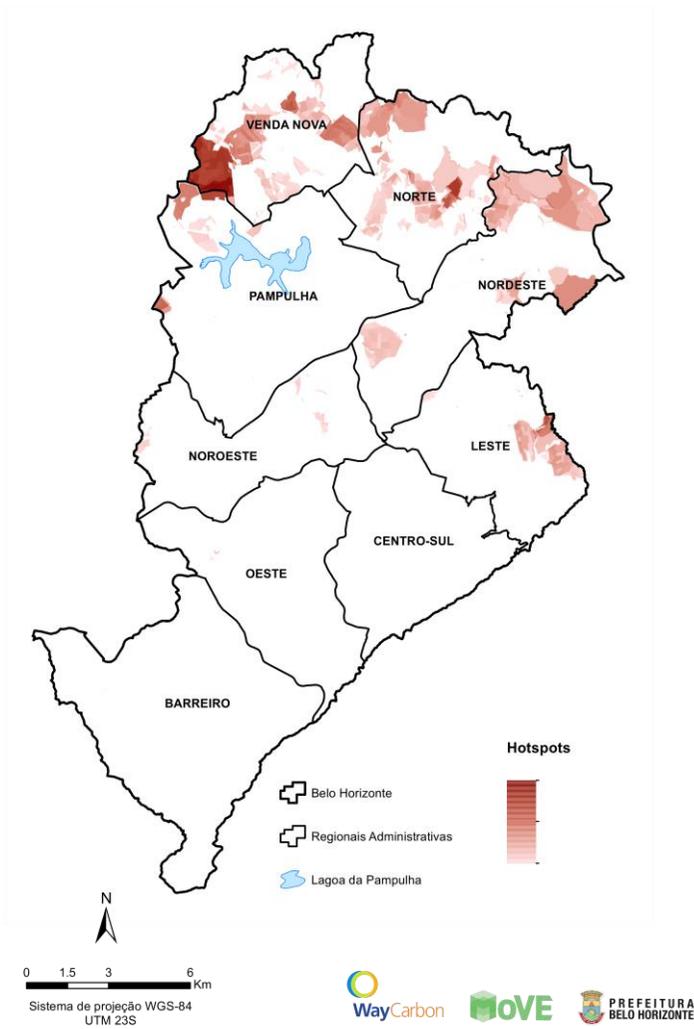


Figura 32 - Hotspots de vulnerabilidade à dengue em 2016.

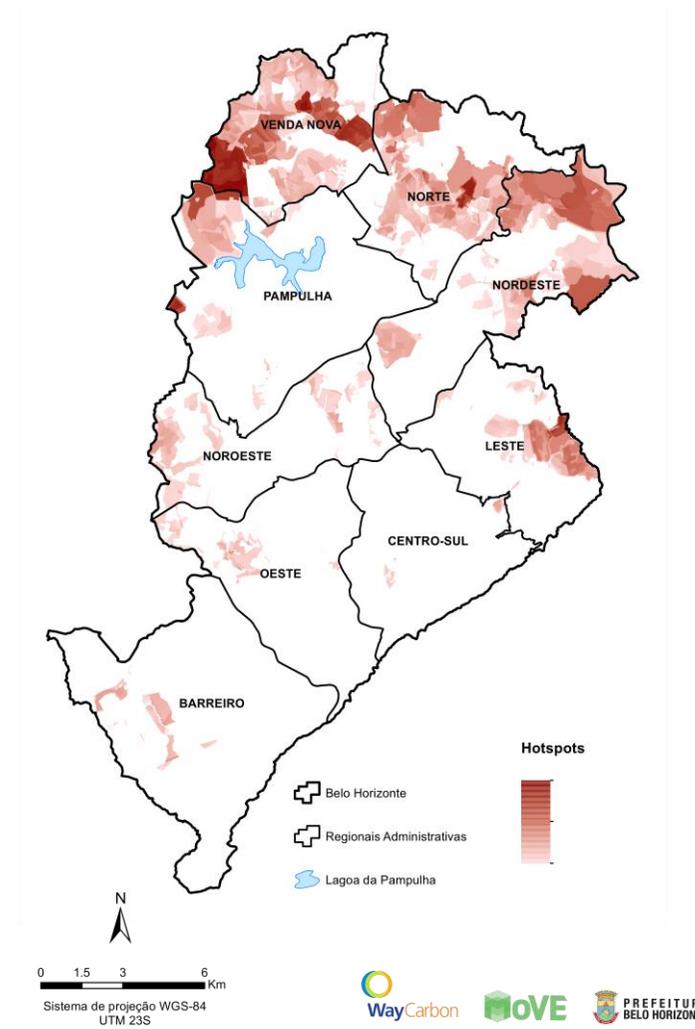


Figura 33 - Hotspots de vulnerabilidade à dengue em 2030.

Avaliando os *hotspots* de forma quantitativa, (Tabela 24), no ano de 2016, Belo Horizonte possui aproximadamente 35 km<sup>2</sup> de sua área com vulnerabilidade à dengue acima de 0,6, enquanto em 2030 a cidade pode chegar a possuir até 72,56 km<sup>2</sup> de área de importância para a doença. A partir desse resultado observa-se uma variação incremental de aproximadamente 111% na área de importância para dengue em 2030. Pela escala de cores do mapa é possível identificar as áreas preferenciais mesmo após a definição dos *hotspots*, sendo os tons mais fortes do vermelho as localidades prioritárias, que apresentam o decréscimo do nível de prioridade de acordo com o conseqüente decréscimo da tonalidade. A regional Venda Nova apresenta-se como o maior *hotspot* de vulnerabilidade à dengue em termos de área. Já em intensidade vários pontos estão distribuídos no território municipal com alguns focos relevantes nas regionais Norte, Nordeste, Leste e inclusive na região Centro Sul.

**Tabela 24: Área dos *Hotspots* de vulnerabilidade à dengue**

	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)	Varição Relativa (%)
<b>2016</b>	34,44	10,52	<b>110,55</b>
<b>2030</b>	72,56	22,15	
<b>Área de estudo</b>	327,62	100,00	

### 3.4.3 Discussão

Observa-se que no momento atual as regionais Norte e Venda Nova apresentam alto impacto potencial à dengue, áreas que são mais sensíveis ambiental, econômica e socialmente, além de serem, climaticamente, mais aptas ao desenvolvimento do mosquito transmissor. Já em 2030 essa condição passa atingir, além da região Norte e Venda Nova, também a região, Leste, Nordeste, Noroeste e Pampulha. Dentre essas regionais, a Norte é a que apresenta-se com maior déficit de adaptação, estando menos apta a enfrentar as ações do impacto quando comparado a regional Pampulha que apresenta um déficit adaptativo mais reduzido, mas impacto muito semelhante.

Na regional Norte e Venda Nova, atualmente, os bairros Tupi e Céu Azul merecem destaque devido à alta sensibilidade socioambiental e ao mesmo tempo por estarem sujeitos a alta

exposição climática. A condição de adensamento populacional e problemas de saneamento configuram o alto impacto da região, que associada a baixa condição de resposta a dengue, por baixa renda e poucos centros de saúde, refletem as mais altas vulnerabilidades do município. Na regional Pampulha, apesar de apresentar um bom grau de capacidade de adaptação, pode-se observar de forma isolada o bairro Confisco com alta sensibilidade à dengue, devido à baixa condição social e de habitação na localidade. É sabido que a regional Pampulha se apresenta favorável ao desenvolvimento do vetor por características ambientais e de exposição climática adequada aos focos, apresentando também grande sensibilidade ambiental. Mas devido a menor sensibilidade social e a um maior grau de capacidade de adaptação, essa regional não apresentou, de forma geral, vulnerabilidade elevada no presente, mas que passa a ser mais preocupante em 2030, principalmente devido ao aumento da temperatura mínima e as dinâmicas de chuva.

No momento presente, os bairros Mariano de Abreu e Vera Cruz na regional Leste e Capitão Eduardo na Nordeste, merecem destaque para o alto grau de vulnerabilidade à dengue. Além da predisposição à uma exposição climática favorável a disseminação da doença, essa região apresentou alto grau de sensibilidade socioambiental. A alta densidade populacional associada a questões que dificultam o abastecimento de água aumentam o impacto dessa doença nesses bairros. Os tipos de ocupação também representaram um problema importante que favorece o aparecimento de criadouros em lixos e inservíveis dispostos de forma inadequada

No cenário simulado para 2030, além dos bairros citados que permanecem apresentando alta vulnerabilidade à dengue, há uma expansão importante dos *hotspots* para outros bairros e regiões. Em Venda Nova os bairros São Pedro e Nova York passam a ter maior importância, devido a menor condição social. Na regional Leste o bairro Castanheiras e o bairro Vitória, na região Nordeste passam a estar incluídos nos *hotspots* de vulnerabilidade, principalmente por questões de saneamento e baixa capacidade de adaptação. Além das regionais mais ao Norte, alguns pontos ao Sul do município passam a estar incluídos nessas áreas de maior importância. Na regional Centro Sul, algumas vilas e comunidades próximas a barragem Santa Lúcia, merecem destaque, pelo tipo de habitação, baixa renda e adensamento populacional. No Barreiro, o bairro Diamante aumenta consideravelmente a sua vulnerabilidade, ligada ao desabastecimento de água e ao adensamento populacional que acaba por incorrer em habitações mais precárias. O bairro Vista Alegre na regional Oeste e

o Pindorama na regional Noroeste, apresentam grande adensamento populacional e condições desfavoráveis de saneamento.

As vulnerabilidades observadas nas regionais Pampulha e Centro Sul estão diretamente ligadas a alta sensibilidade pontual, além de alta exposição na regional Pampulha. Isso, pois são regionais que apresentam as maiores capacidades de adaptação, portanto as altas vulnerabilidades demonstram altos graus de sensibilidade social, principalmente classificado pela baixa renda e grande densidade populacional. Para a região Oeste, a grande sensibilidade socioambiental do bairro Vista Alegre e Camargos aumentam a vulnerabilidade regional, visto que a capacidade de adaptação ainda não apresenta-se em estado crítico.

Já na regional Barreiro, de acordo com a menor susceptibilidade a exposição climática, por apresentar temperatura mais amenas e regimes de chuvas menos favoráveis ao desenvolvimento de criadouro, o déficit de adaptação parece ser um importante problema a ser combatido. Em uma região na qual a alta densidade populacional aumenta a sensibilidade à dengue, o aumento da condição dessa população responder ao impacto é uma medida a ser enfrentada. Alguns problemas observados de intermitência no abastecimento de água nessa regional levam ao armazenamento de água de maneira informal, aumentando os locais propícios a criadouros do vetor.

A regional Nordeste apresenta-se como um grande foco de vulnerabilidade futura por apresentar o maior dos impactos e uma das menores capacidades de adaptação. Medidas socioeducativas bem como o monitoramento contínuo do desenvolvimento do vetor apresentam-se como formas de medidas proativas de enfrentamento ao problema, que pode apresentar resultados em médio e longo prazo. Essas ações passam a ser essenciais para o enfrentamento do impacto potencial à dengue.

### 3.5 VULNERABILIDADE ÀS ONDAS DE CALOR

#### 3.5.1 Capacidade de adaptação

A Tabela 25 apresenta os dados de entrada necessários para o mapeamento da capacidade de adaptação às ondas de calor do município de Belo Horizonte, selecionados por possibilitar uma melhoria na adequação das residências e acesso a tratamentos contra os efeitos nocivos à saúde humana, respectivamente:

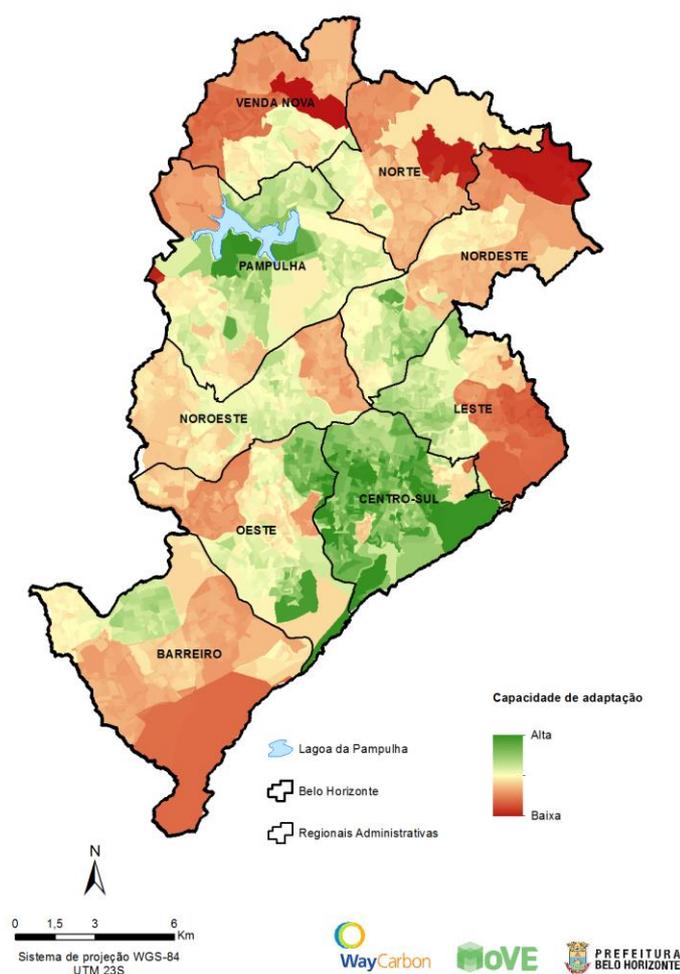
**Tabela 25: Dados de entrada para o modelo de ondas de calor.**

CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO			
Descrição	Fonte	Escala Espacial	Escala Temporal
Rendimento Nominal	IBGE	Belo Horizonte Setor Censitário	2010
IQVU Saúde	SMPL <sup>38</sup>	Belo Horizonte Unidade de Planejamento	2014

O indicador de capacidade adaptativa às ondas de calor pode ser visualizado na Figura 34.

---

<sup>38</sup> SMPL (Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Informação)



**Figura 34 - Capacidade de adaptação às ondas de calor em Belo Horizonte**

### 3.5.2 Resultados

A vulnerabilidade social às ondas de calor é apresentada a seguir na Figura 35 (cenário atual) e na 37 (cenário simulado).

De acordo com a Tabela 26, a regional Venda Nova é a mais vulnerável de Belo Horizonte nos dois cenários, com os alguns bairros como Cenáculo, Europa, Maria Helena, Jardim dos Comerciantes, Minas Caixa e Conjunto Minas Caixa com os piores índices dessa regional. A regional Pampulha apresenta a maior variação desse índice nos seus dois bairros mais

vulneráveis, Confisco e Trevo. A regional Centro-Sul apesar de possuir a menor vulnerabilidade, possui *hotspots* de vulnerabilidade concentrados em suas vilas.

**Tabela 26: Vulnerabilidade às ondas de calor - Regionais Administrativas**

Regional	2016		2030		Variação Relativa (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Norte	0,57	0,41	0,62	0,45	10,91
Nordeste	0,55	0,42	0,59	0,46	10,16
Leste	0,62	0,39	0,65	0,43	8,37
Centro-Sul	0,55	<b>0,34</b>	0,58	<b>0,37</b>	8,94
Barreiro	0,58	0,40	0,61	0,43	<b>6,77</b>
Oeste	0,53	0,38	0,56	0,41	7,96
Noroeste	0,54	0,41	0,58	0,44	9,07
Pampulha	0,58	0,38	0,62	0,42	<b>11,14</b>
Venda Nova	0,61	<b>0,44</b>	0,65	<b>0,49</b>	10,29

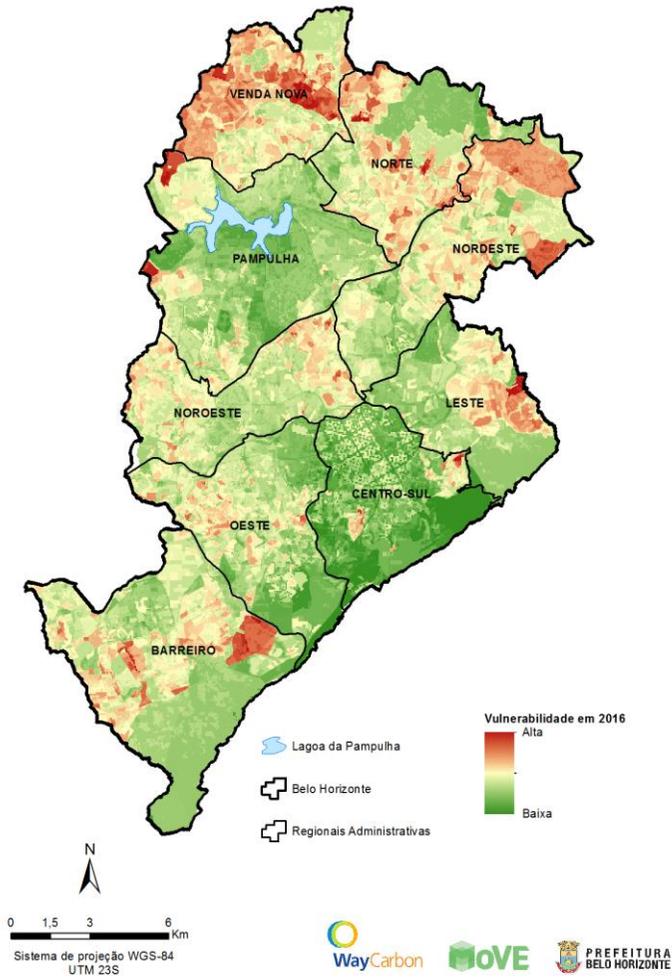


Figura 35 -Vulnerabilidade às ondas de calor em 2016.

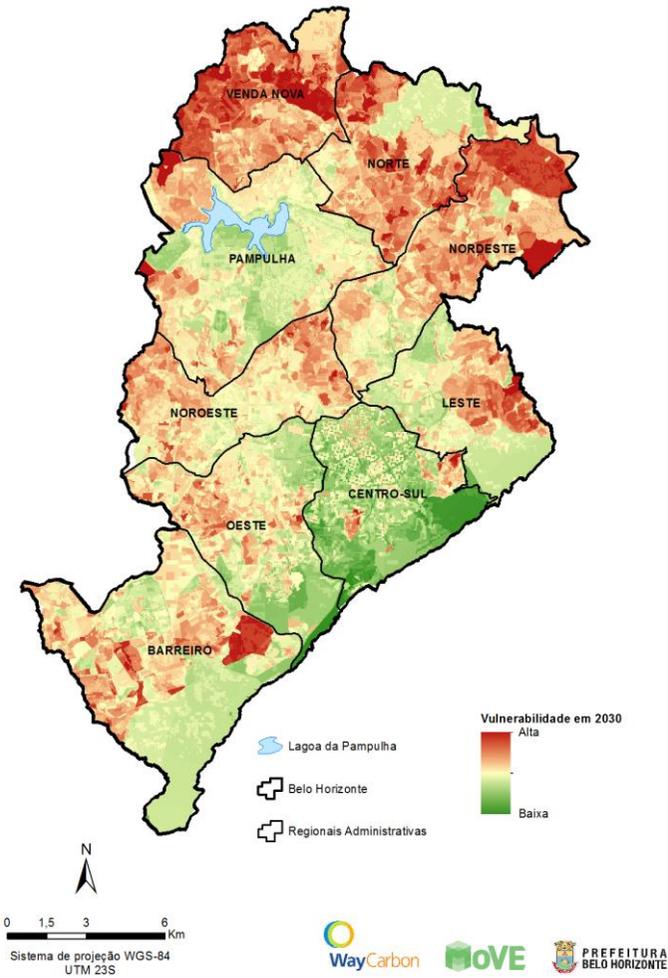


Figura 36 -Vulnerabilidade às ondas de calor em 2030.

### 3.5.3 Discussão

A vulnerabilidade associada às ondas de calor no contexto urbano demonstra que os locais da cidade que apresentam os índices mais altos possuem também os aspectos populacionais muito correlacionados entre si. Ou seja, maior densidade de pessoas, como vilas e bairros de população majoritariamente de baixa renda que, também concentram grande quantidade de crianças e idosos. No cenário futuro, com o aumento da duração das ondas de calor, concentrada nas porções noroeste e norte de Belo Horizonte, essa população se torna ainda mais suscetível aos efeitos das ondas de calor.

Alguns locais passaram a ser mais vulneráveis devido ao baixo acesso às unidades e aos programas de saúde, e por sua população não possuir renda suficiente para adequação das residências ou para melhorar a acessibilidade a locais menos insalubres.

A pouca definição de formas comprovadas de se adaptar às ondas de calor possibilitou apenas uma abordagem simplificada das medidas de adaptação existentes, e além disso não é claro um planejamento para medidas de adaptação futuras. Entretanto algumas medidas podem ser tomadas para melhorar a resiliência da população e da cidade diante das ondas de calor e das mudanças climáticas. A seguir algumas propostas:

- Programas de cuidado e saúde específicos;
- Uso inteligente de áreas verdes (com rotatividade do uso de gramados, arborização que beneficiem o sombreamento, ampliação de espaços permeáveis);
- Melhoria da acessibilidade às áreas públicas abertas;
- Melhoria e manutenção colaborativa dos espaços públicos abertos/verdes entre poder público, privado e organização civil;
- Ampliação dos horários de funcionamento de parques (24h nos períodos mais quentes do ano);
- Planejamento urbano com foco na mobilidade urbana integrada entre pedestres, bicicletas e transportes coletivos;
- Fomento a deslocamentos não motorizados;

- Adequação da geometria urbana às necessidades de arrefecimento e de ventilação, principalmente nos limites da cidade onde se concentram os fluxos de ventos;
- Redução do tráfego de veículos que geram gases poluentes em locais com pouca ventilação;
- Incentivos à instalação de telhados e de pavimentos frios;
- Conexão de fragmentos de áreas verdes através de corredores ecológicos;
- Monitoramento da qualidade do ar e do conforto térmico local;
- Aumento da quantidade de árvores em áreas vulneráveis;
- Fomento à agricultura e à fruticultura urbana.

### 3.6 VULNERABILIDADE DE BELO HORIZONTE

O índice de vulnerabilidade de Belo Horizonte foi calculado como a média simples dos índices de vulnerabilidade setoriais estudados: inundação, deslizamento, dengue e ondas de calor. Os resultados para a cidade serão apresentados a seguir.

A vulnerabilidade atual de Belo Horizonte (2016) é mostrada na Figura 37 e possui os maiores valores nas regionais administrativas Norte, Nordeste e Leste. Para 2030, a vulnerabilidade aumenta em todas as regionais (Figura 38), com a porção territorial Norte com o pior índice. A relação entre as regionais e os cenários atual e futuro podem ser vistos na Tabela 27.

Para ambos os cenários, as regionais Norte, Nordeste e Leste são as que apresentam o maior índice de vulnerabilidade, sendo a regional Norte com a maior variação relativa (superior a 10% para o cenário simulado para 2030). As regionais Barreiro e Venda Nova apresentam a menor vulnerabilidade, na qual a regional do Barreiro apresenta a menor variação relativa, com apenas 5% de variação.

**Tabela 27: Vulnerabilidade em Belo Horizonte - Regionais Administrativas**

Regional	Atual (2016)		Simulado (2030)		Variação Relativa (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Norte	0,58	<b>0,47</b>	0,63	<b>0,52</b>	<b>10,64</b>
Nordeste	0,56	<b>0,47</b>	0,62	0,51	8,51
Leste	0,60	<b>0,47</b>	0,63	0,50	6,38
Centro-Sul	0,62	0,42	0,62	0,45	7,14
Barreiro	0,52	<b>0,40</b>	0,53	<b>0,42</b>	<b>5,00</b>
Oeste	0,53	0,42	0,57	0,46	9,52
Noroeste	0,55	0,43	0,56	0,46	6,98
Pampulha	0,57	0,41	0,62	0,45	9,76
Venda Nova	0,57	<b>0,40</b>	0,62	0,44	10,00

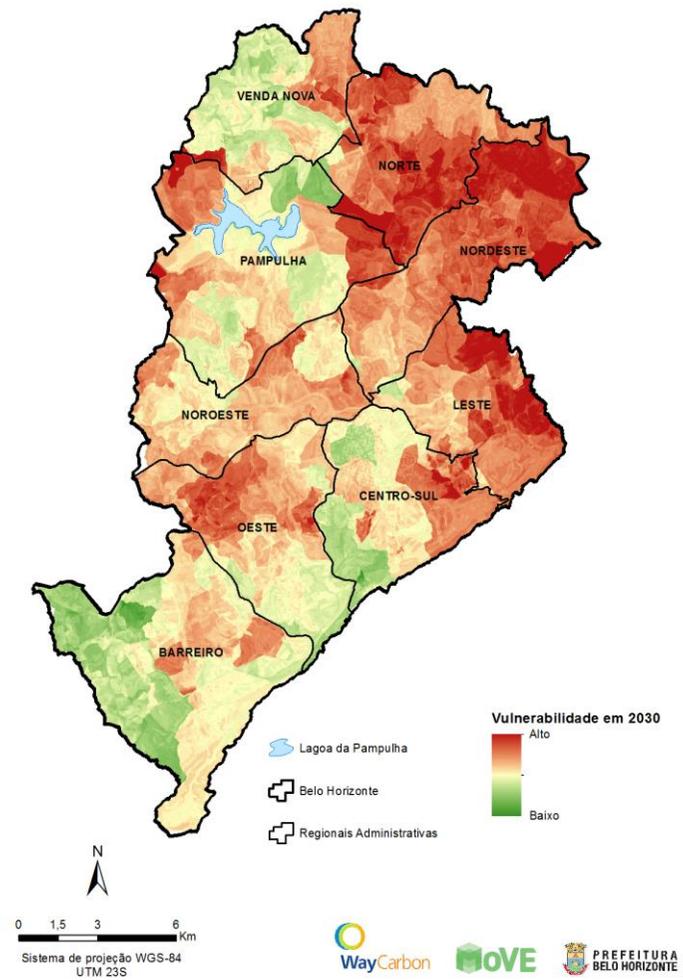
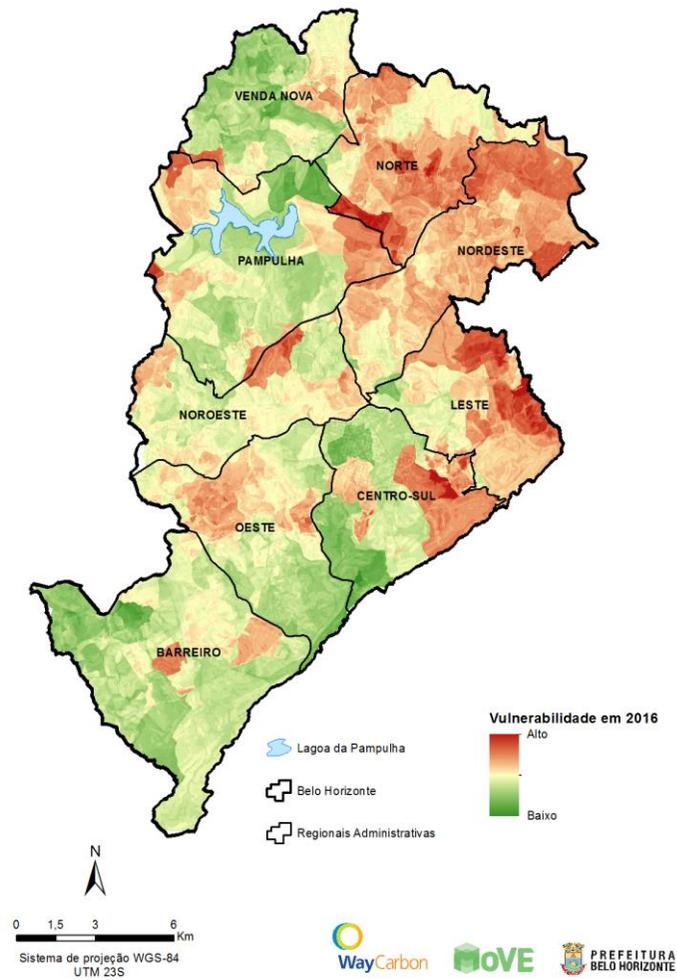


Figura 37 -Vulnerabilidade de Belo Horizonte às mudanças climáticas em 2016.

Figura 38 -Vulnerabilidade de Belo Horizonte às mudanças climáticas em 2030.

Para entender melhor os locais mais vulneráveis foram gerados os *hotspots* cuja vulnerabilidade apresenta um índice maior ou igual a 0,5 (Figura 39 e Figura 40), valor que representou, neste estudo, o limiar acima do 75 percentil. Belo Horizonte possui uma área aproximadamente de 331 Km<sup>2</sup> com os *hotspots* de vulnerabilidade abrangendo áreas superiores a 26 Km<sup>2</sup> e a 88 Km<sup>2</sup> para os cenários atual (2016) e simulado (2030), respectivamente. As áreas dos *hotspots* estão distribuídas pelas regionais administrativas conforme a Tabela 28, e a quantidade de bairros com presença dessas áreas mais vulneráveis está relacionada na Tabela 29.

**Tabela 28: Área dos hotspots de vulnerabilidade em Belo Horizonte - Regionais Administrativas**

Regional	Área em 2016 (Km <sup>2</sup> )	Área em 2030 (Km <sup>2</sup> )	Variação de área (Km <sup>2</sup> )
Norte	5,92	20,92	14,99
Nordeste	<b>7,08</b>	<b>25,81</b>	<b>18,73</b>
Leste	6,01	14,06	8,05
Centro-Sul	3,05	4,77	1,72
Barreiro	<b>0,37</b>	1,14	<b>0,78</b>
Oeste	<b>0,37</b>	7,13	6,76
Noroeste	1,00	2,49	1,49
Pampulha	1,97	9,08	7,10
Venda Nova	0,54	2,66	2,12
<b>TOTAL</b>	<b>26,31</b>	<b>88,06</b>	<b>61,74</b>

**Tabela 29: Quantidade de bairros hotspots de vulnerabilidade em Belo Horizonte**

Regional	Total de Bairros	Bairros (2016)	Bairros (2030)	Variação de bairros
Norte	45	33	43	10
Nordeste	68	<b>38</b>	<b>62</b>	24
Leste	44	33	37	<b>4</b>
Centro-Sul	43	24	31	7
Barreiro	73	<b>6</b>	18	12
Oeste	60	19	43	24
Noroeste	65	19	44	<b>25</b>
Pampulha	51	24	36	12
Venda Nova	37	11	<b>17</b>	6
<b>TOTAL</b>	<b>486<sup>39</sup></b>	<b>207</b>	<b>331</b>	<b>124</b>

<sup>39</sup> De acordo com os dados recebidos para realização do presente estudo.

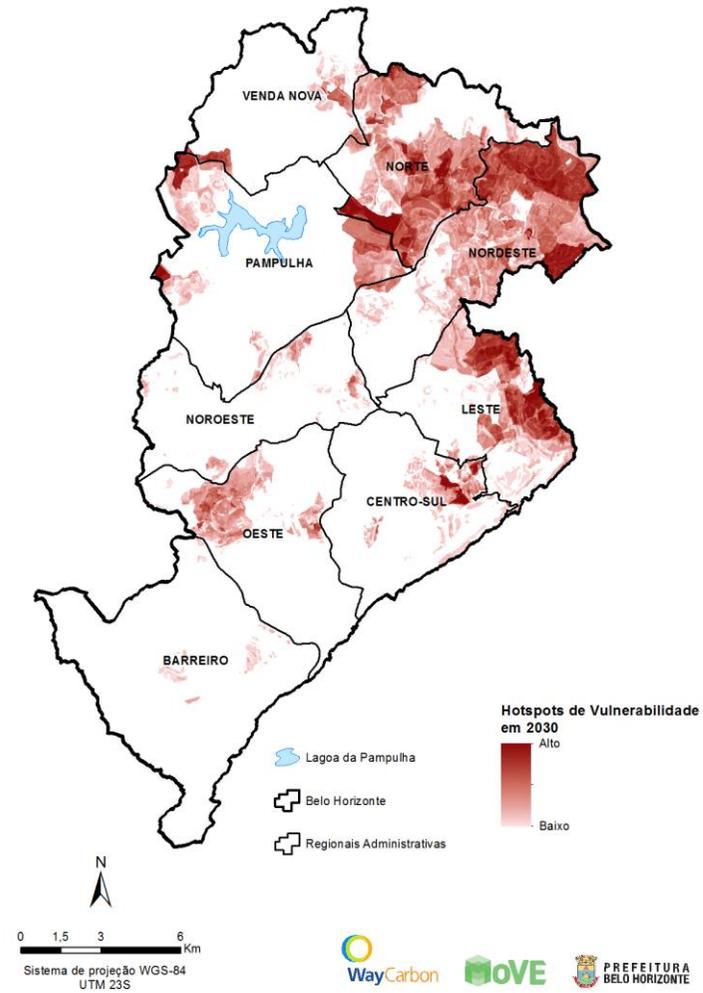
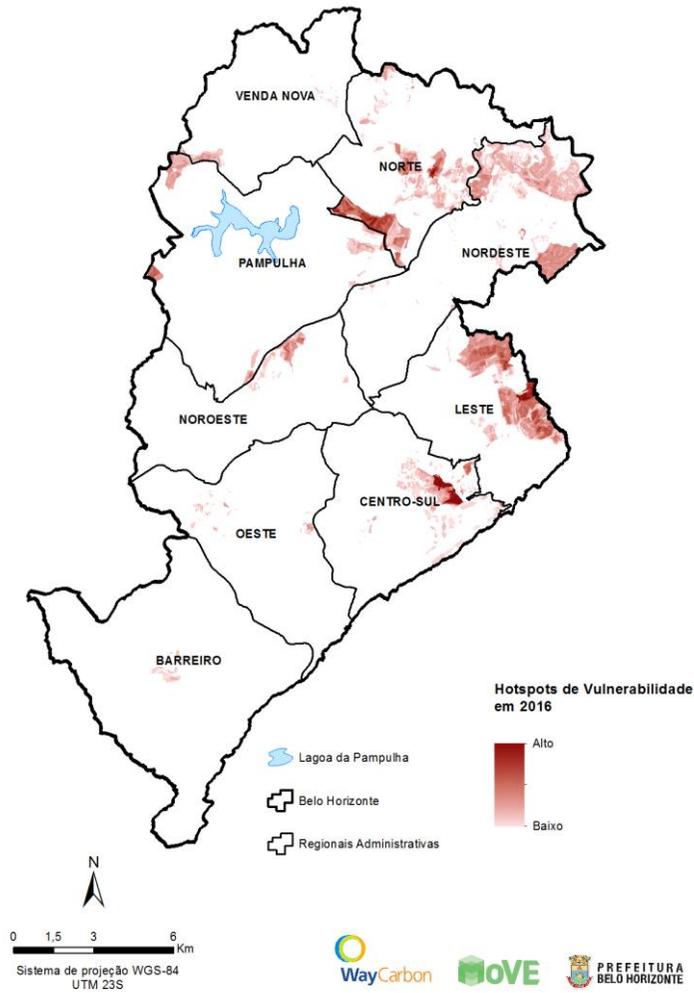


Figura 39 - Hotspots de vulnerabilidade de Belo Horizonte em 2016.

Figura 40 - Hotspots de vulnerabilidade de Belo Horizonte em 2030.

A regional Nordeste apresentou o maior ganho de área de alta vulnerabilidade, com mais de 18 Km<sup>2</sup>, indicando a necessidade de uma atuação generalizada. A regional Barreiro, ao contrário, apresentou o menor ganho de área de alta vulnerabilidade, com apenas 0,78 Km<sup>2</sup>, o que sugere a necessidade de uma análise por cada problema estudado e forma localizada.

Em 2030, a quantidade de bairros com alta vulnerabilidade sofrerá um acréscimo de 124 bairros, sendo as regionais Noroeste, Oeste e Nordeste com os maiores aumentos. Ressalta-se que as regionais Norte, Nordeste e Leste ficarão com a maioria dos seus bairros com presença de *hotspots*. A regional Barreiro, apesar de possuir poucos bairros nessa situação nos dois cenários, teve a quantidade de bairros com alta vulnerabilidade triplicada.

A Tabela 30 classifica os bairros que apresentaram maior vulnerabilidade em 2016 e 2030, e destaca os bairros que de um cenário para outro sofreram grandes variações em suas posições em relação aos seus respectivos índices de vulnerabilidade. Como exemplos, os bairros Nossa Senhora do Rosário e Heliópolis caíram de posição, mas não necessariamente tornaram-se menos vulneráveis em relação a situação de 2016. Já os bairros Mirante e Conjunto Paulo VI passam a ser muito mais vulneráveis do que o ano de 2016, quando apresentavam uma posição mais abaixo na listagem de *hotspots*. Em geral, os piores bairros continuam sendo os piores e somente trocam de posição entre si, contudo o valor da vulnerabilidade cresce quase 5% em média para os dez bairros com maior vulnerabilidade.

**Tabela 30: Classificação dos bairros com maior índice de vulnerabilidade**

Regional	Bairro	Classificação em 2016	Classificação em 2030
Centro-Sul	Nossa Senhora da Conceição	1º	2º
Centro-Sul	Marçola	2º	6º
Norte	São Bernardo	3º	1º
Leste	Granja de Freitas	4º	4º
Norte	São Tomaz	5º	5º
Leste	Mariano de Abreu	6º	9º
Leste	<b>Nossa Senhora do Rosário</b>	<b>7º</b>	<b>76º</b>
Norte	<b>Heliópolis</b>	<b>8º</b>	<b>133º</b>
Pampulha	Confisco	9º	3º
Leste	Vila Boa Vista	10º	8º
Norte	<b>Mirante</b>	<b>57º</b>	<b>7º</b>
Nordeste	<b>Conjunto Paulo VI</b>	<b>70º</b>	<b>10º</b>

Os bairros com maior índice de vulnerabilidade e seus entornos podem ser vistos de acordo com as regionais. Para a Centro-Sul estão indicadas na Figura 41 e na Figura 42. Para as regionais Norte e Nordeste na Figura 43 e na Figura 44. Já as regionais as Norte e Pampulha podem ser visualizadas na Figura 45 e na Figura 46. Por fim, para a regional Leste está representada na Figura 47e na Figura 48.

Ressalta-se que os principais *hotspots* de vulnerabilidade de Belo Horizonte, (concentrados na regionais Centro-Sul, Leste e nas divisas das regionais Norte/Nordeste e Pampulha/Norte) possuem a seguinte composição indicada na Tabela 31. As demais regionais, apesar de possuírem *hotspots*, apresentam valores de vulnerabilidade menos significativos. Essa composição se mantém em ambos os períodos, variando apenas a distribuição espacial das áreas vulneráveis dentro das regionais entre 2016 e 2030.

**Tabela 31: Composição dos principais *hotspots* de vulnerabilidade de Belo Horizonte**

Regional	Vulnerabilidade à Inundação	Vulnerabilidade ao Deslizamento	Vulnerabilidade à Dengue	Vulnerabilidade às Ondas de Calor
Centro-Sul	ALTA	ALTA	MÉDIA ALTA	MÉDIA ALTA
Norte/Nordeste	MÉDIA	ALTA	ALTA	ALTA
Pampulha/Norte	ALTA	MÉDIA ALTA	ALTA	MÉDIA
Leste	ALTA	ALTA	ALTA	MÉDIA ALTA



Figura 41 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2016 - Centro-Sul

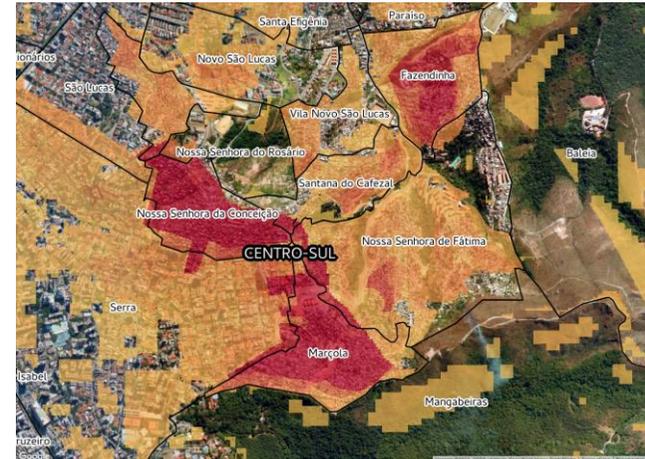


Figura 42 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2030 - Centro-Sul



Figura 43 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2016 - Norte/Nordeste

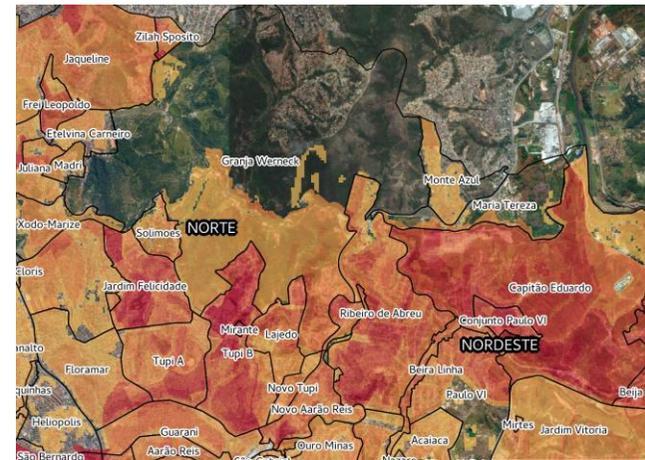


Figura 44 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2030 - Norte/Nordeste



Figura 45 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2016 - Norte/Pampulha

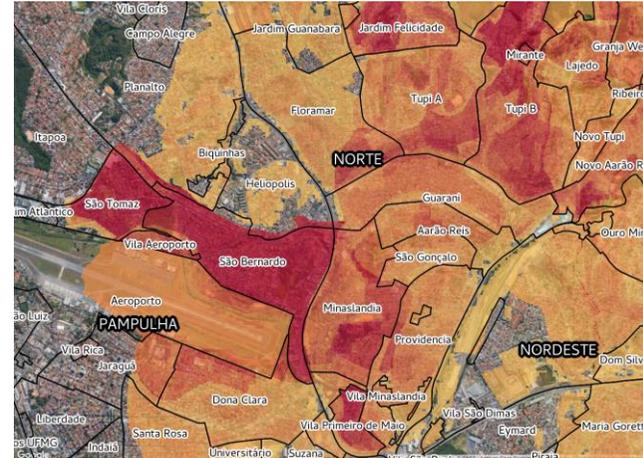


Figura 46 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2030 - Norte/Pampulha

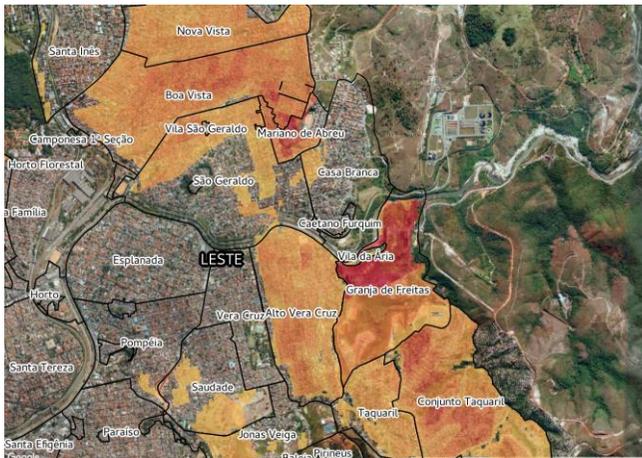


Figura 47 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2016 - Leste

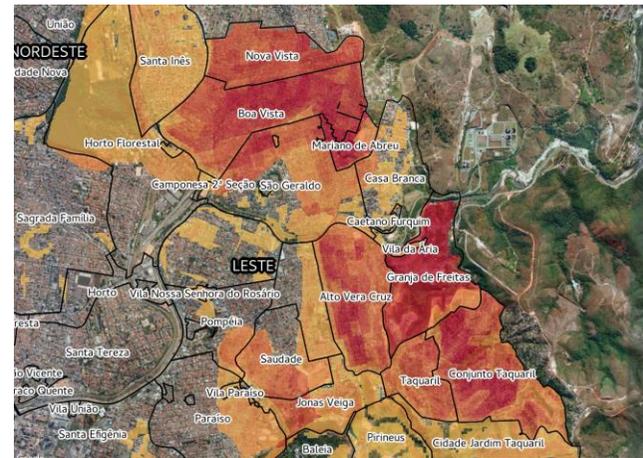


Figura 48 - Bairros com maior vulnerabilidade em 2030 - Leste

A seguir os *hotspots* serão apresentados por bairro segundo ordenamento de vulnerabilidade em 2016, e proximidade dentro da mesma regional. Nessa análise o perfil de vulnerabilidade será segregado a fim de se compreender qual o principal impacto a ser enfrentado.

Os bairros Vila Nossa Senhora da Conceição e Marçola, apresentam, em ambos os cenários, valores significativos de vulnerabilidade. Devido à proximidade entre esses bairros, a vulnerabilidade apresenta um perfil bastante semelhante. Os impactos em destaque são inundação e deslizamento, com valores máximos muito elevados. Essa região apresenta baixa resiliência a esses estresses, o que contribui ainda mais para estarem entre as principais áreas prioritárias. Mesmo com as pequenas dimensões territoriais, o tipo de relevo e ocupação contribuem para o agravamento da situação com o passar dos anos. A vulnerabilidade à dengue e as ondas de calor também são relevantes nessas localidades, mas de forma menos expressiva. Verifica-se que a capacidade de adaptação para todas os impactos é baixa, sendo assim, se torna uma área de atenção para ação proativas e reativas.

Os bairros São Bernardo e São Tomaz, apresentam a inundação como o indicador de maior relevância. A grande susceptibilidade à inundação parece estar ligada a alta propensão a danos nesses bairros, sendo esse indicador que apresenta grande acréscimo relativo para o cenário simulado. Dengue e ondas de calor apresentaram cenários ainda mais críticos no futuro, devido ao aumento da temperatura e de seus extremos. Portanto todas as vulnerabilidades setoriais contribuíram para esse cenário crítico. Entretanto o que diferencia essas localidades é a vulnerabilidade aos deslizamentos, que, para o São Bernardo, apresenta valores menos expressivos, e ao contrário, para o São Tomaz, passa a apresentar médias mais altas no cenário de 2030 devido ao aumento da exposição climática associada à baixa capacidade de adaptação local.

No bairro Granja de Freitas a vulnerabilidade à dengue e ao deslizamento obtiveram destaque.

A região que abrange a Vila Boa Vista e o bairro Mariano de Abreu apresentam um perfil de vulnerabilidade similar pela proximidade territorial. A vila Boa Vista apresenta-se altamente susceptível ao deslizamento e à inundação, que são os principais motivos pela elevação da vulnerabilidade em 2030. A vulnerabilidade à dengue passa a ser mais relevante no futuro pela associação a maiores temperaturas. Já no Mariano de Abreu as ondas de calor representam a maior importância no perfil de vulnerabilidade. Em metade do bairro a

inundação passa a ter grande relevância no futuro. A vulnerabilidade desse *hotspot* passa a ser um pouco menos expressiva em 2030 devido, principalmente, as ondas de calor não apresentarem um incremento local em grande proporção. Contudo, em contrapartida, há uma maior sensibilidade à dengue.

O conjunto Confisco, na regional Pampulha, apresenta alta vulnerabilidade às ondas de calor e à dengue. Mesmo dentro de uma regional com alto valor de capacidade adaptação, é sabido que essa regional é bastante influenciada pela exposição climática. Tal fato acaba por aumentar a susceptibilidade a esses impactos. O que coloca o Confisco como *hotspot* de vulnerabilidade é principalmente o impacto das ondas de calor e da dengue que são configurados por alta susceptibilidade social nessa localidade. De forma pontual, em algumas encostas e vales mais encaixados observa-se valores aumentados de vulnerabilidade à inundação e ao deslizamento, mas em menor grau que os impactos citados inicialmente.

Os bairros Heliópolis e Nossa Senhora do Rosário passam de níveis altos de vulnerabilidade em 2016 para valores menos significativos. Heliópolis apresenta em 2016 alto grau de vulnerabilidade à dengue, ao deslizamento e à inundação. O que difere em 2030 é que os projetos infraestruturais (empreendimentos e reservatórios em andamento) utilizados como medida de adaptação a inundação, passam a representar uma resposta positiva, diminuindo a vulnerabilidade local e retirando essa área da classificação de *hotspot* no futuro. Esse exemplo reflete como ações direcionadas aos impactos das mudanças climáticas podem utilizar a análise de vulnerabilidade para execução de ações que diminuam a propensão aos danos de forma bem direcionada.

A vila Nossa Senhora do Rosário, apresenta alta vulnerabilidade às ondas de calor, sendo esse o principal impacto a ser confrontado na região. Esse bairro encontra-se localizado próximo a regiões com alta susceptibilidade a deslizamento, sofrendo assim, uma susceptibilidade indireta desse impacto. Por estar nessa zona de convergência de encostas e com baixa capacidade de adaptação a esse impacto, é uma zona que merece destaque atualmente.

Devido a pequena dimensão do bairro Mirante e sua alta vulnerabilidade generalizada, é importante destacar essa localidade. Constatou-se a presença alto impacto setorial para dengue, inundação, deslizamento e ondas de calor. Em 2030 a vulnerabilidade à inundação

passa a ser a mais expressiva, principalmente devido a dinâmica das chuvas anteriormente menos recorrentes.

O Conjunto Paulo VI apresenta-se altamente susceptível à deslizamento e ondas de calor em 2030, saindo de um cenário menos dramático no presente. Mesmo sendo impactos aparentemente divergentes, no qual um é dependente do aumento de temperatura e o segundo por diferenciação no regime de chuvas, a vulnerabilidade torna-se alta devido a baixíssima capacidade de adaptação da região e a sensibilidade social. O aumento da vulnerabilidade total também passa a ser uma resposta do aumento da vulnerabilidade à dengue e à inundação até então menos importantes.

### 3.6.1 Conclusão

A Análise de Vulnerabilidade de Belo Horizonte permitiu identificar as áreas mais vulneráveis do município, a partir do cruzamento de índices de Impacto Potencial e Capacidade de Adaptação à inundações, ao deslizamento, à dengue e às ondas de calor.

Belo Horizonte está localizada em uma região na qual o clima, e conseqüentemente as mudanças climáticas, estão divididas em dois grandes eixos, Norte e Sul. Sendo assim, existe uma tendência geral em que a porção Norte apresenta-se mais impactada por aumentos de temperatura do que a região Sul, o que favorece os impactos à dengue e às ondas de calor. O eixo Sul acaba por apresentar uma maior sensibilidade biofísica aos deslizamentos pela constituição geológica e geomorfológica, apresentando relevo acidentado com alta declividade. Já a inundações apresenta-se de forma distribuída pelo município.

As regionais administrativas mais vulneráveis ao impacto de inundações foram: Nordeste, Leste, Centro-Sul e Norte (*hotspots*). Os modelos de simulações de mudanças climáticas para o ano de 2030 indicaram que haverá, de modo geral, um aumento da exposição à inundações ao longo do município e que os eventos de inundações tendem a ser mais intensos, com maior volume de chuva horária e com maior propensão à geração de danos e impactos. O aumento da resiliência do município através da melhoria das condições de infraestruturas, sistemas de alerta e obras de macrodrenagem para redução de inundações são de extrema importância para diminuir a vulnerabilidade às inundações em Belo Horizonte, sendo prioritários investimentos nas regionais identificadas como *hotspots*.

A análise de vulnerabilidade ao deslizamento indicou que o fenômeno é influenciado por questões distintas entre as regionais. A porção do município localizada no limite do quadrilátero ferrífero (Serra do Curral e Rola Moça) usualmente apresenta alta vulnerabilidade, influenciada pela declividade e geologia. Por sua vez, as vulnerabilidades observadas na região norte mostraram-se mais dependentes às questões adaptativas.

É importante observar nesse estudo que áreas com o mesmo impacto potencial à dengue, como as regionais Pampulha, Venda Nova e Norte, apresentam grande discrepância no índice de vulnerabilidade final. A regional Pampulha destaca-se por uma capacidade de adaptação mais elevada a esse impacto, passando a ser uma região de menor prioridade no momento em que existe regiões com o mesmo impacto e menor condição de enfrentá-lo de forma reativa ou proativa. De forma igualitária, o impacto potencial é tão relevante na Pampulha

quanto em Venda Nova, sendo que em Venda Nova apresenta-se como regional prioritária, dentre as citadas, para implantação de medidas de adaptação. Ao analisar a vulnerabilidade à dengue, ações proativas como medidas socioeducativas, campanhas de eliminação de criadouros e de monitoramento dos mosquitos infectados são as mais indicadas. Em relação às medidas reativas e de ação imediata, sugere-se evitar o contato com o mosquito contaminado como a principal ação a ser tomada em relação a efetividade. Portanto, a utilização de repelentes, mosquiteiros e telas em janelas podem ser consideradas ações eficazes. Em um estudo de doenças disseminadas por vetores, a movimentação da população dentro do território municipal é considerada um fator que dificulta a modelagem e a compreensão da dinâmica da doença.

A vulnerabilidade associada às ondas de calor concentram-se nas regiões em que as características socioeconômicas são menos favorecidas, principalmente na porção Norte de Belo Horizonte, onde a capacidade adaptativa (ex: acesso às unidades de programas de saúde) é menos ampla. Assim, propostas de medidas de adaptação devem ser pensadas e implantadas para obter múltiplos benefícios como a melhoria na qualidade do ar, nas condições para a saúde humana, no conforto térmico, a redução na demanda de energia, e a redução nas emissões de gases de efeito estufa.

Atualmente o município apresenta-se com áreas bem definidas de ação. Tais ações devem ser pensadas de forma conjunta, sendo proativas e em linha com o planejamento de médio e longo prazo. Além disso devem focar na diminuição da propensão ao dano. É nítida a presença dos *hotspots* de vulnerabilidade associados a regiões com alta sensibilidade social, refletida pela baixa renda e ocupação desarmônica. Sendo assim, as vulnerabilidades estudadas nessa análise refletem uma menor resiliência dos bairros citados que apresentam menor condição de reagir aos danos potenciais. De forma geral, as áreas prioritárias para a alocação das medidas de adaptação são aquelas inseridas ou próximas a vilas e favelas, como elencados na lista dos 10 principais *hotspots de vulnerabilidade*.

Mesmo com a definição de *hotspots de vulnerabilidade*, o território municipal pode ser monitorado e analisado como um todo a partir dos resultados apresentados. Uma abordagem que vai além da análise de *hotspots* pode ser adotada, pensando nas áreas com maior área contínua de vulnerabilidade. A regional Nordeste é um desses focos que apresenta grande extensão de área sob vulnerabilidade. Essas grandes áreas contínuas suscetíveis passam a ser tão importantes como a ação pontual em *hotspots*.

Após essa abordagem de priorização de investimentos em medidas de adaptação, sugere-se uma análise de risco. Tal análise pode mudar as prioridades de alocações das medidas de adaptação. O risco da perda de valores (vidas humanas, ativos econômicos, infraestruturas etc) poderia passar a ser um direcionador das ações prioritárias.

#### 4. GLOSSÁRIO

Neste item são listados os principais termos e conceitos adotados no relatório para descrever e comentar as abordagens metodológicas de análise de vulnerabilidade e os respectivos indicadores.

Essa breve descrição visa eliminar as dúvidas e confusões existentes na literatura sobre o significado de palavras-chave como exposição, sensibilidade, vulnerabilidade, impacto, entre outros.

As definições utilizadas referem-se ainda às do quarto relatório do IPCC (AR4, IPCC 2007) e do documento sobre gestão do risco climático (IPCC, 2013), que também foram utilizados por vários estudos consultados para elaboração deste relatório.

INDICADOR: é um parâmetro utilizado para quantificar informações sobre um sistema/processo e monitorar a sua evolução no tempo relativo a uma linha de base (*baseline*). Os indicadores são também utilizados para comparar performances de diferentes áreas de estudo (estados, comunidades, etc.). Os indicadores podem ser simples, quando descrevem somente uma variável, como a temperatura, ou compostos (chamados também de índices) quando resumem múltiplas informações, como o PIB, o índice de desenvolvimento tecnológico ou o índice de vulnerabilidade.

VULNERABILIDADE às mudanças climáticas: refere-se à propensão de um sistema homem/natureza de sofrer danos e a sua habilidade de se recuperar desses estresses. A vulnerabilidade é o índice que mede o grau de suscetibilidade e a capacidade de lidar com situações adversas relacionadas às mudanças climáticas. A vulnerabilidade é uma função da magnitude e da variabilidade das mudanças climáticas às quais o sistema é exposto, da sua sensibilidade e da sua capacidade de adaptação.

EXPOSIÇÃO: é o índice que registra as características das mudanças climáticas, tais como magnitude e variabilidade, as flutuações dos valores de temperaturas, precipitações, evapotranspiração, balanço hídrico, entre outros. Nesse índice são incluídos também registros de eventos extremos, tais como intensas chuvas, tempestades e estiagens. Helteberg e Osmolovskiy (2011) também incluem na exposição o número de desastres naturais ocorridos na área de estudo relacionados às mudanças climáticas (alagamentos, deslizamentos, entre outros); essa abordagem permite suprir a ausência de dados climáticos detalhados ou atualizados e garante uma melhor descrição da variabilidade espacial dos impactos.

SENSIBILIDADE: é o índice que evidencia o nível ao qual um sistema será positivamente ou negativamente afetado pelos parâmetros climáticos descritos no índice de exposição. A sensibilidade inclui atributos naturais e físicos, tais como uso do solo, declividade, proximidade aos rios, adequação de domicílio (esgotamento sanitário, rede de abastecimento de água etc.), dados geodemográficos e sociais relacionados com fatores climáticos, tais como população sensível (menores de 5 anos, maiores de 65 anos), porcentagem da população dependente da agricultura, mortalidade e morbidade, entre outros.

IMPACTOS POTENCIAIS: são estimados agregando as informações sobre parâmetros climáticos com as informações sobre sensibilidade (Figura 1). A palavra “impactos” refere-se aos efeitos das mudanças climáticas sobre um sistema homem/natureza em termos econômicos (custos e perdas ou benefícios), sociais, de saúde, de infraestruturas, ecossistêmicos, ambientais e físicos (inundações, deslizamentos etc.). A relação entre efeitos diretos, principalmente impactos físicos (perda de aptidão agrícola, erosão etc.) e efeitos indiretos como os socioeconômicos (redução da safra, desemprego etc.) podem deixar essa análise muito complexa e dispendiosa. A definição dos impactos potenciais deve sempre ter em conta os objetivos do estudo (impacto sobre o quê?) e distingui-los dos impactos que não são relacionados com as mudanças climáticas. Se o estudo for multidimensional (ex: segurança alimentar, água e energia) é aconselhável analisar os possíveis impactos separadamente por setor. Ressalta-se que relações causa-efeito interssetoriais são difíceis de quantificar e

devem ser avaliadas num segundo momento, por meio de um processo participativo com especialistas das áreas temáticas interessadas.

CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO: inclui as informações sobre os recursos disponíveis que podem aumentar a capacidade do sistema em lidar com as consequências das mudanças climáticas e ajustar o próprio comportamento de acordo com as novas condições, visando minimizar as perdas e explorando potenciais oportunidades. Esse índice agrega informações sobre o sistema analisado, incluindo características socioeconômicas (renda per capita, acesso ao trabalho etc.), infraestruturais, tecnológicas, institucionais, envolvimento da política nos assuntos relacionados com mudanças climáticas etc.), educacionais (nível de educação, conhecimento de manuais de boas práticas agroambientais etc.), entre outras, e pode ser utilizado também para avaliar a capacidade de implementar futuras medidas de adaptação.

ANÁLISE DE VULNERABILIDADE às mudanças climáticas: o índice de vulnerabilidade de um sistema integra todas as informações contidas nos índices de exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação (Figura 1).



Figura 49- Fluxos de informações na análise de vulnerabilidade.

Os índices de exposição e sensibilidade definem os possíveis impactos; a capacidade de adaptação descreve a habilidade do sistema em responder e se adaptar a esses impactos. O valor da vulnerabilidade presente (instante “t”) representa o *baseline* para monitorar e avaliar o efeito futuro das medidas de adaptação adotadas.

Essa análise pode ser feita de forma qualitativa ou quantitativa. A escolha da abordagem a ser utilizada é feita de acordo com o objetivo do estudo, a disponibilidade e a qualidade de dados e com a capacidade técnica do pesquisador.

Quando a análise é baseada em critérios espaciais (ex: por região, município, estado, etc.), necessita-se de uma abordagem quantitativa que permita capturar a variabilidade espacial das variáveis explicativas e dos índices estudados. Os resultados georreferenciados são apresentados por meio de mapas que indicam rapidamente os potenciais *hotspots* de vulnerabilidade, ou seja, as áreas geográficas com valores de vulnerabilidade particularmente elevados. Essas áreas serão objeto de um estudo mais detalhado para entender quais são as causas subjacentes que determinaram os valores anômalos. O índice de vulnerabilidade é decomposto nos subíndices de impactos e capacidade de adaptação, e subsequentemente nas suas variáveis explicativas. A partir dessa informação desagregada e mais detalhada, são definidas as prioridades de intervenção e as possíveis medidas de adaptação nos *hotspots*. Essas medidas de adaptação visam aumentar a capacidade de adaptação do sistema e reduzir a sua sensibilidade às mudanças climáticas.

## 5. REFERÊNCIAS

- Alfieri, L; Feyen, L; Dottori, F; Bianchi, A. Ensemble flood risk assessment in Europe under high end climate scenarios. *Global Environmental Change* 35 (2015) 199-212.
- Apurv, T; Mehrotra, R; Sharma, A; Goyal, M. K; Dutta, S. Impact of climate change on floods in the Brahmaputra basin using CMIP5 decadal predictions. *Journal of Hydrology* 527 (2015) 281-291.
- BMZ, Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, 2014. The vulnerability sourcebook. Concept and guidelines for standardized vulnerability assessment. 180 pp., GIZ press.
- BRASIL. Análise da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas. Ministério de Ciência e Tecnologia. Brasília, p. 201. 2005.
- Carlos A. Nobre, coordenador. - São José dos Campos, SP: INPE, 2011. 192p.
- Chow, V.; Maidment, D.; Mays, L. 1994. *Hidrologia Aplicada*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Mc Graw-Hill. 584 p.
- DE MELO, Diogo Portella Ornelas; SCHERRER, Luciano Rios; EIRAS, Alvaro Eduardo. Dengue fever occurrence and vector detection by larval survey, ovitrap and MosquiTRAP: a space-time clusters analysis. *PLoS One*, v. 7, n. 7, p. e42125, 2012.
- EEA, European Environmental Agency, 2014. National Adaptation policy processes in European countries. 136 pp. EEA, report No 4/2014.
- European Commission, 2002. Communication from the Commission on Impact Assessment. COM2002 276 Final.
- European Commission, 2013a. An EU strategy on adaptation to climate Change - Guidelines on developing adaptation strategies. Commission Staff Working Document, 54 pp.
- European Commission, 2013b. Adaptation strategies for European Cities. Final report, 160 pp. for Directorate General for Climate Change.
- FERNANDES, C. et al. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. *Neotrop Entomol*, v. 35, p. 853-860, 2006.
- FULLERTON, Laura M.; DICKIN, Sarah K.; SCHUSTER-WALLACE, CORINNE J. Mapping Global Vulnerability to Dengue using the Water Associated Disease Index. United Nations University, 2014.
- Füssel, H.M. 2007. Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17: 155-167.
- GOTO, Kensuke et al. Analysis of effects of meteorological factors on dengue incidence in Sri Lanka using time series data. *PloS one*, v. 8, n. 5, p. e63717, 2013.
- Heltberg, R. and Bonch-Osmolovskiy, M., 2011. Mapping vulnerability to Climate Change. Policy research working paper No 5554. The World Bank.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental

- Panel on Climate Change [Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 1132 pp.
- KRAEMER, Moritz UG et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *Elife*, v. 4, p. e08347, 2015.
- LAMBRECHTS, Louis et al. Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 18, p. 7460-7465, 2011.
- LOWE, Rachel et al. The development of an early warning system for climate-sensitive disease risk with a focus on dengue epidemics in Southeast Brazil. *Statistics in medicine*, v. 32, n. 5, p. 864-883, 2013.
- MONZONI, Mario. Diretrizes para formulação de políticas públicas em mudanças climáticas no Brasil. 2009.
- NOBRE, C.; YOUNG, A. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo: relatório final /
- OECD and JRC, 2008. Handbook on constructing composite indicators. 158 pp., OECD press.
- Oppenheimer, M., M. Campos, R. Warren, J. Birkmann, G. Luber, B. O'Neill, and K. Takahashi, 2014: Emergent risks and key vulnerabilities. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1039-1099
- Parr, D; Wang, G; Ahmed K. F. Hydrological changes in the U.S. Northeast using the Connecticut River Basin as a case study: Part 2. Projections of the future. *Global and Planetary Change* 133 (2015) 167-175.
- PCC, 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.
- PINTO, Edna et al. The influence of climate variables on dengue in Singapore. *International journal of environmental health research*, v. 21, n. 6, p. 415-426, 2011.
- Shaw, S.B., Royem, A.A., Riha, S.J., 2011. The relationship between extreme hourly precipitation and surface temperature in different hydroclimatic regions of the United States. *J. Hydrometeorol.* 12, 319-325.
- Swiss RE, 2014. Mind the risk. A global ranking of cities under threat from natural disasters. 39 pp., Swiss Re press.
- Trenberth, K., 1999. Conceptual framework for changes of extremes of the hydrologic cycle with climate change. *Climate Change* 42, 3
- VIANELLO, Rubens Leite; PESSANHA, José Eduardo Marques; SEDIYAMA, Gilberto C. Previsão de ocorrência dos mosquitos da dengue em Belo Horizonte, com base em dados meteorológicos. In: *Proceedings of the 14th Congresso Brasileiro de Meteorologia*. 2006.
- World Health Organization, Dengue and severe dengue, 2014. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/> Accessed in October 15, 2015.



**Minas Gerais**

BH-TEC - Parque Tecnológico de Belo Horizonte  
Rua Professor José Vieira de Mendonça, 770 - Sala 210  
Engenho Nogueira - Belo Horizonte - MG  
CEP 31310 - 260  
Telefone | Fax 55 31 3401,1074

**[www.waycarbon.com](http://www.waycarbon.com)**

A WayCarbon é referência em assessoria sobre Mudanças Globais do Clima, em gestão de ativos ambientais e em desenvolvimento de estratégias e estruturação de negócios visando eco eficiência e economia de baixo carbono.