

# Correlação entre o consumo residencial de energia e fatores socioeconômicos na área de concessão da Cemig

## Distribuição: uma análise espacial

### – ID 3919

**Autor:** *Danilo de Deus Mota*

**Empresa:** *CEMIG Distribuição S.A.*

Realization:

instituto  
**abradee**



Host Company:

**CEMIG**



XXV Seminário  
Nacional de  
Distribuição de  
Energia Elétrica

**SENDI**  
**2025**  
BELO HORIZONTE

# Objetivos

- Analisar a relação espacial entre variáveis socioeconômicas e o consumo residencial na área de concessão da Cemig Distribuição
- Quanto maior a renda média de um município maior o consumo médio residencial?
- Existe padrão de dependência espacial entre as regiões do estado de Minas Gerais com relação ao consumo residencial? Ou a distribuição é aleatória?

Realization:

instituto  
**abradee**



HostCompany:

**CEMIG**

# Objetivos

- Em um contexto atual com a disseminação de placas solares e carros elétricos e aumento do número de aparelhos de ar-condicionado, compreender a relação entre consumo de energia e renda pode ajudar no planejamento da compra de energia e da expansão da infraestrutura energética, auxiliando as concessionárias de energia e demais entidades do setor elétrico a prever a demanda em diferentes regiões.

Realization:

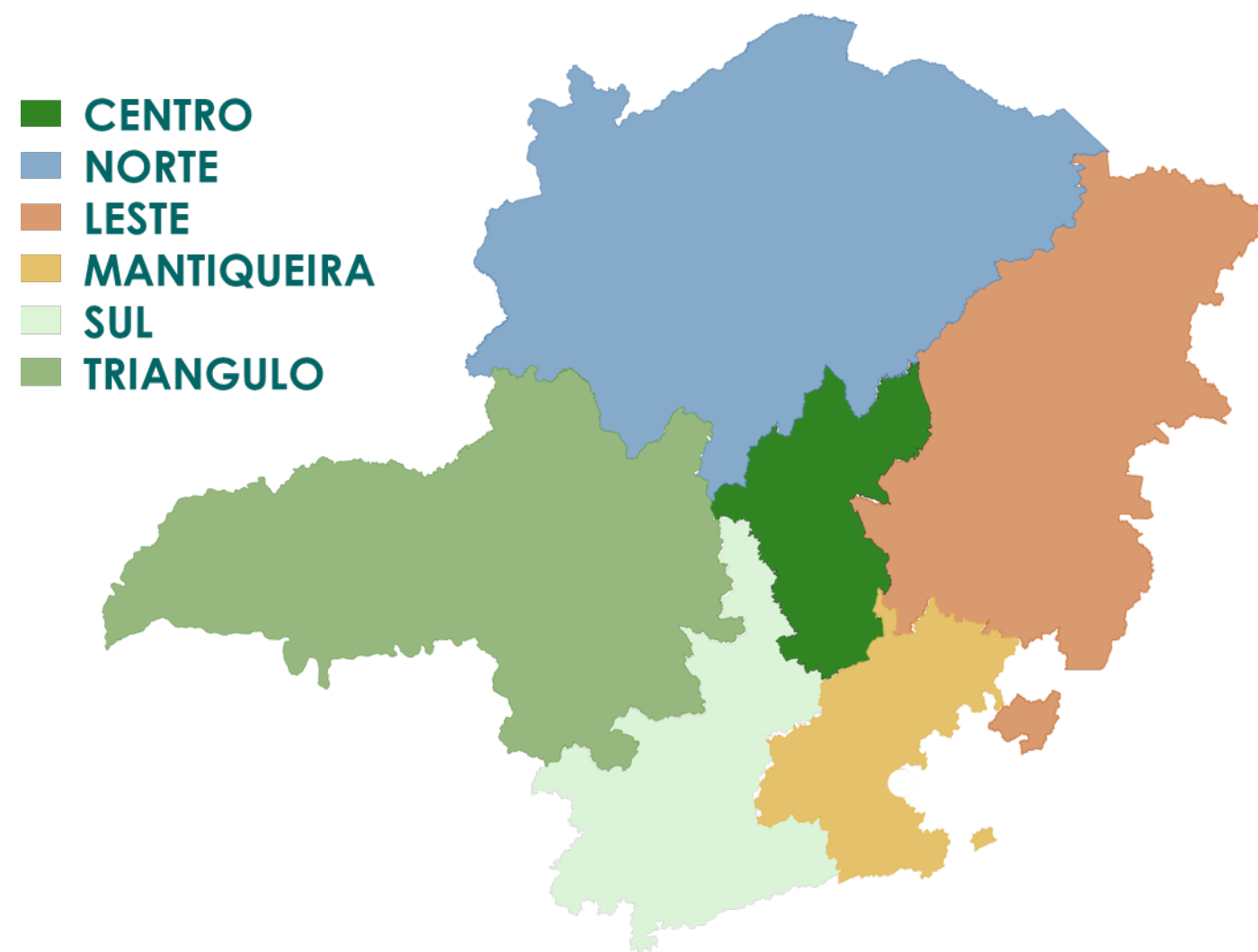
instituto  
**abradee**



HostCompany:

**CEMIG**

# Cemig Distribuição



- 9,5 milhões de consumidores, sendo 8 milhões residenciais
- 774 municípios
- Diversidade socio-econômica e geográfica

Realization:

instituto  
**abradee**



HostCompany:

**CEMIG**





# Dados municipais

Consumo de Energia Residencial Cemig

Renda média  
PIB per capita

Automóveis per capita  
Veículos per capita

Densidade de Celulares  
Densidade de Banda Larga  
IBC - Índice Brasileiro de Conectividade

Realization:

instituto  
**abradee**

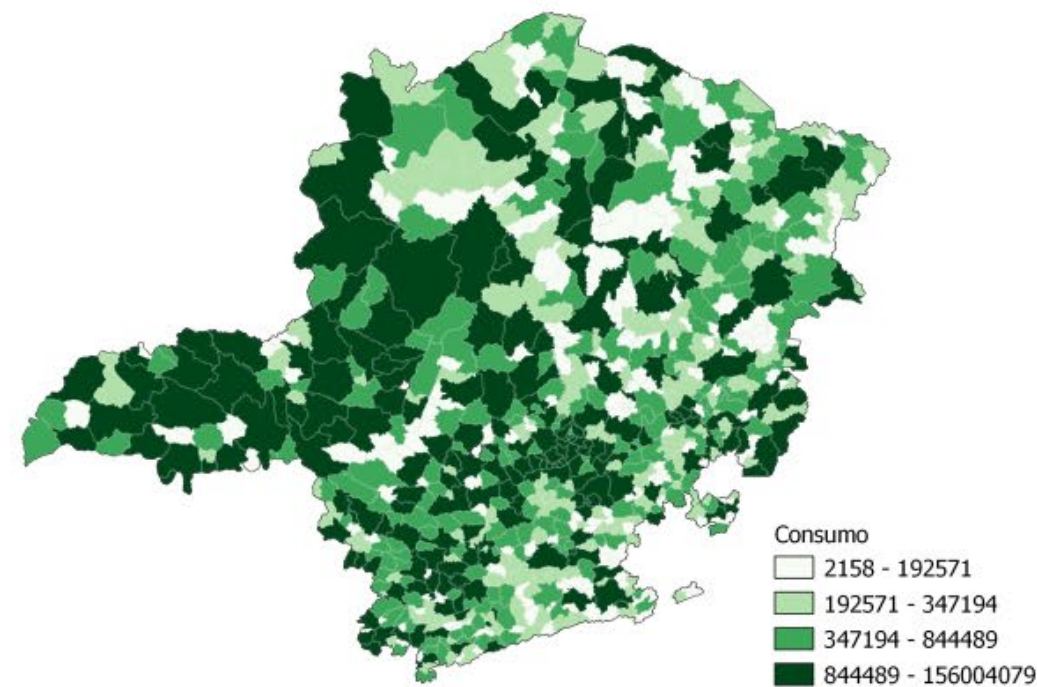


HostCompany:

**CEMIG**

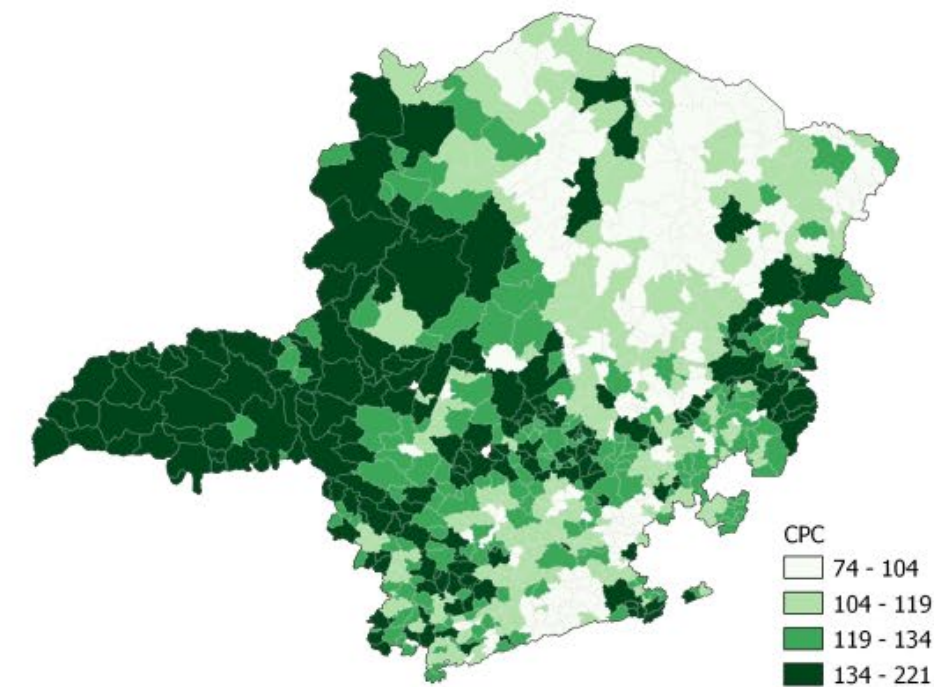
# Mapas temáticos

Consumo total



Variável: Consumo da classe residencial 2023 (kWh)  
Fonte: Cemig  
Quantidade de municípios: 773  
Método: Quartil

Consumo médio

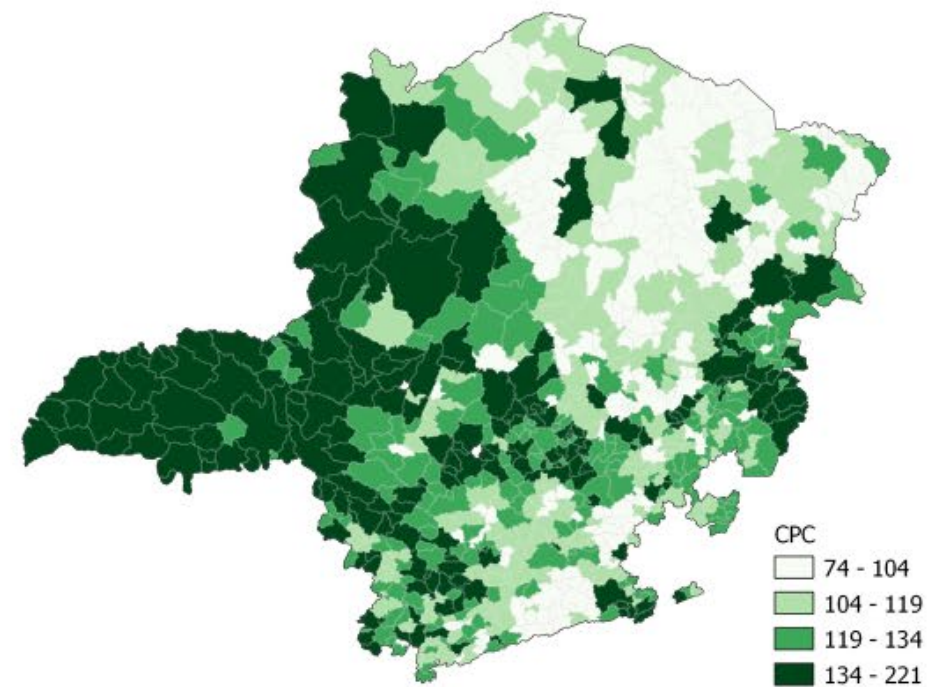


Variável: Consumo médio da classe residencial 2023 (kWh/mês)  
Fonte: Cemig  
Quantidade de municípios: 773  
Método: Quartil



# Mapas temáticos

Consumo



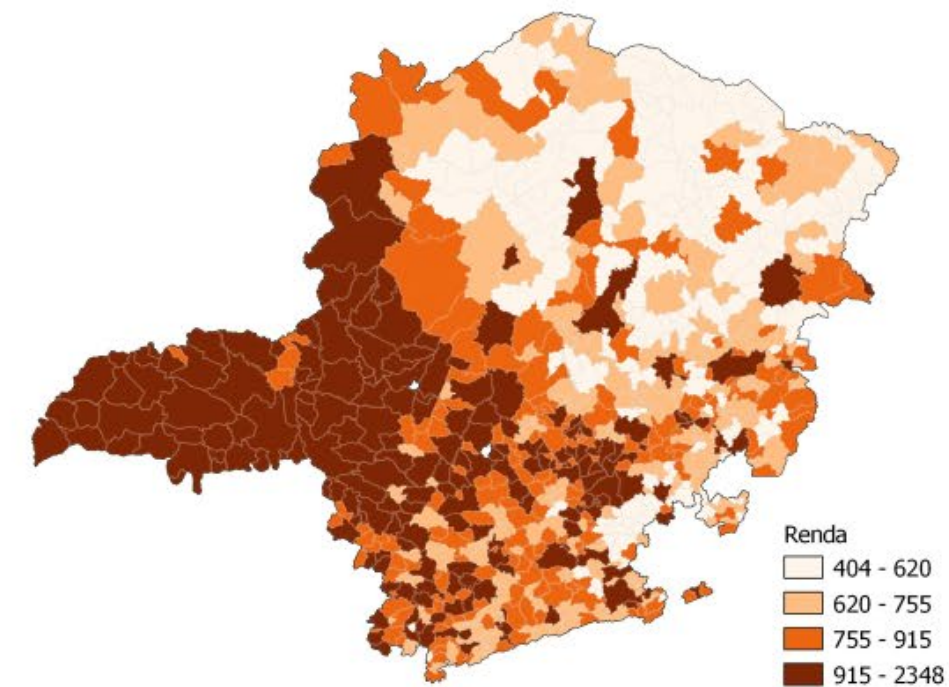
Variável: Consumo médio da classe residencial 2023 (kWh/mês)

Fonte: Cemig

Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil

Renda



Variável: Rendimento nominal médio mensal do trabalho principal (R\$)

Fonte: Censo IBGE 2010

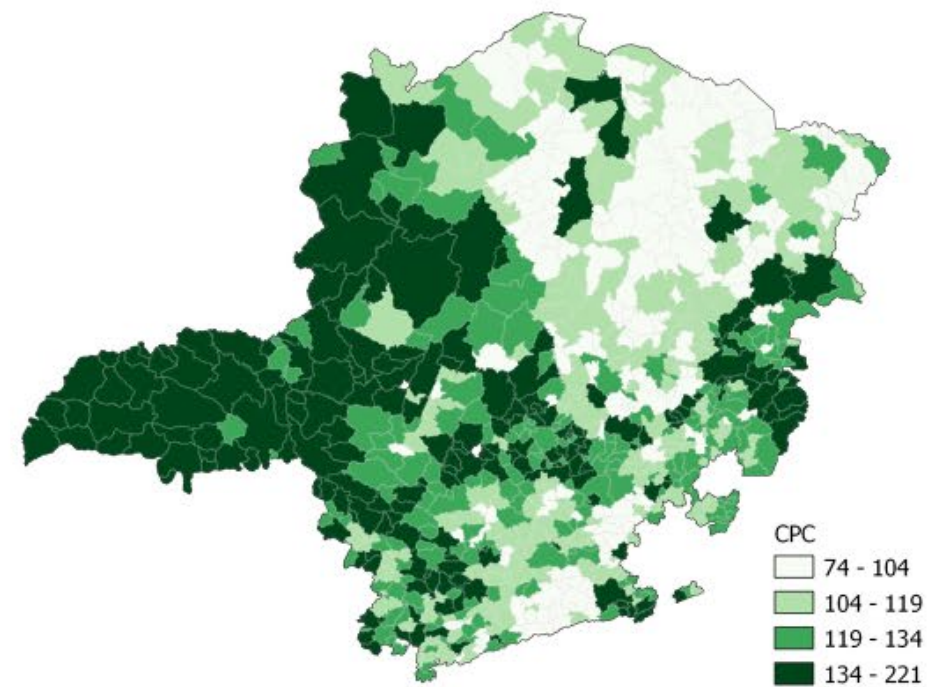
Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil



# Mapas temáticos

Consumo



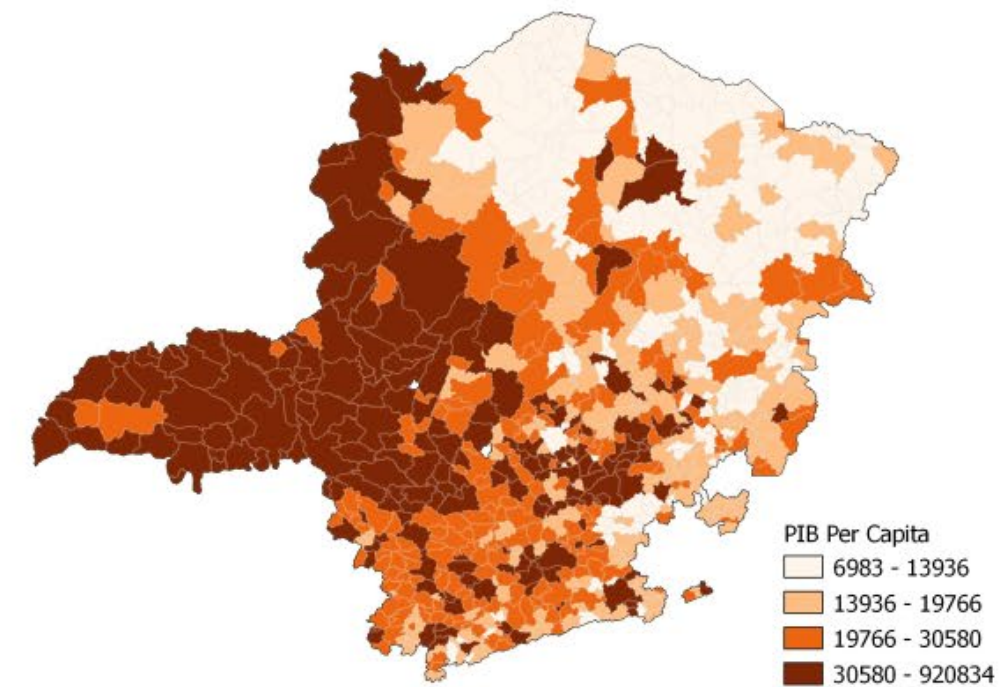
Variável: Consumo médio da classe residencial 2023 (kWh/mês)

Fonte: Cemig

Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil

PIB per capita



Variável: PIB per capita, a preços correntes (R\$) - 2021

Fonte: IBGE

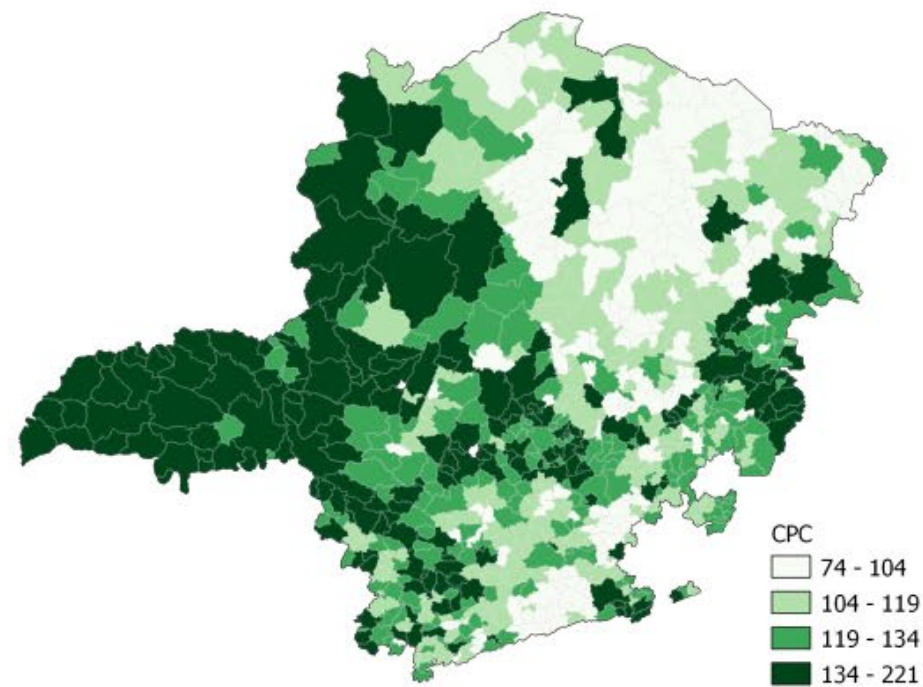
Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil



# Mapas temáticos

Consumo



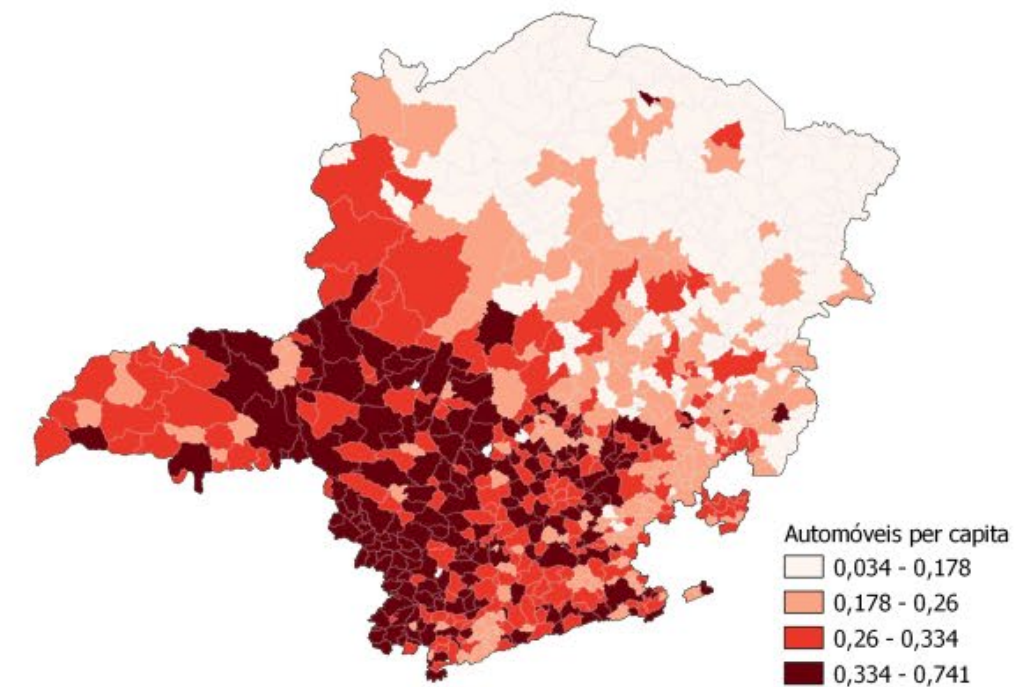
Variável: Consumo médio da classe residencial 2023 (kWh/mês)

Fonte: Cemig

Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil

Automóveis



Variável: Frota de veículos per capita – Automóveis - Setembro/2024

Fonte: SENATRAN/Ministério dos Transportes e IBGE

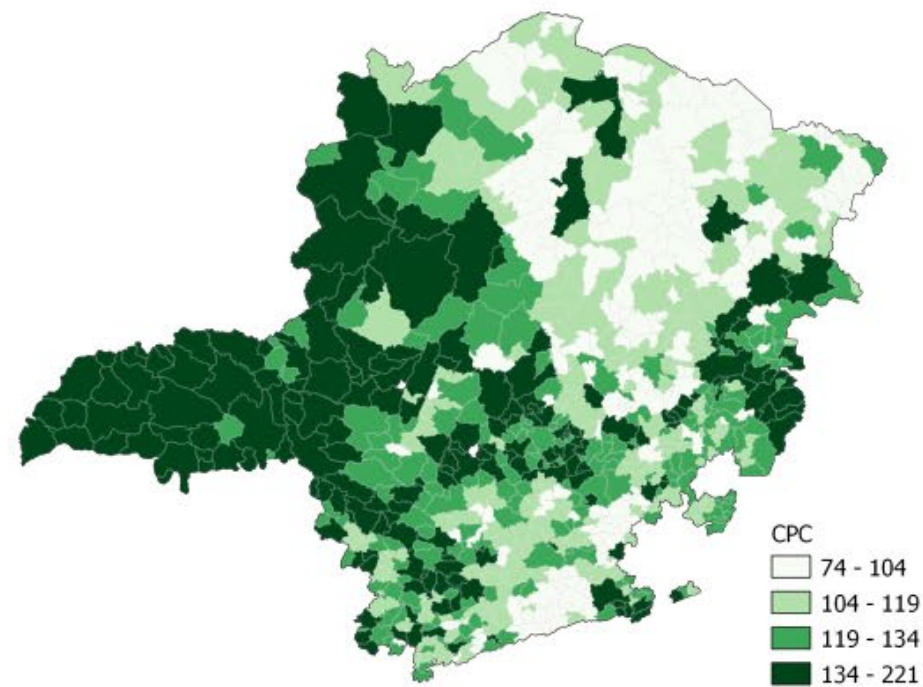
Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil



# Mapas temáticos

Consumo



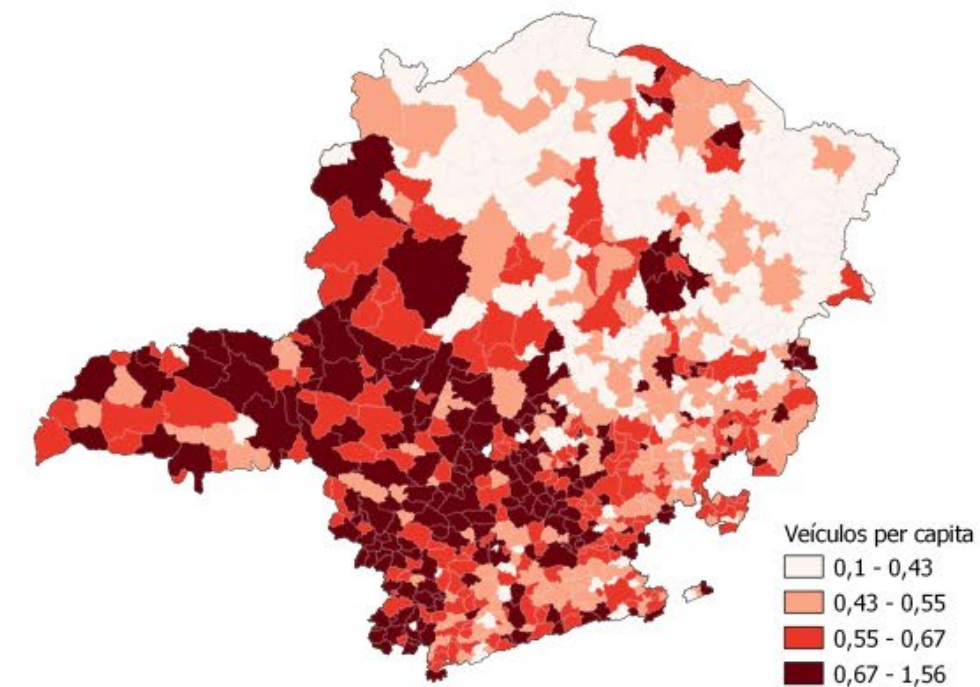
Variável: Consumo médio da classe residencial 2023 (kWh/mês)

Fonte: Cemig

Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil

Veículos



Variável: Frota de veículos per capita – Todos os veículos - Setembro/2024

Fonte: SENATRAN/Ministério dos Transportes e IBGE

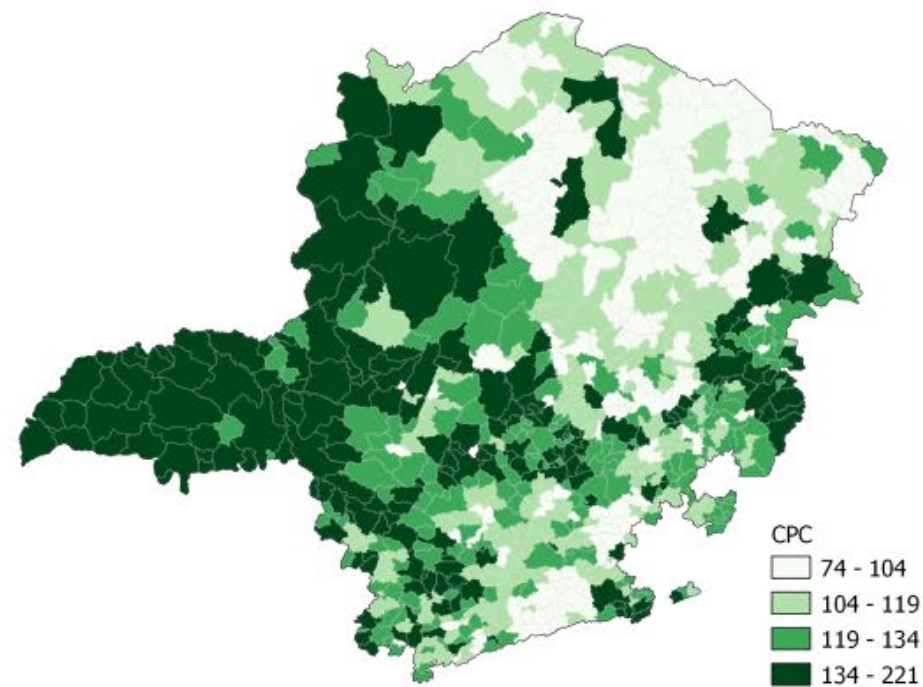
Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil



# Mapas temáticos

Consumo



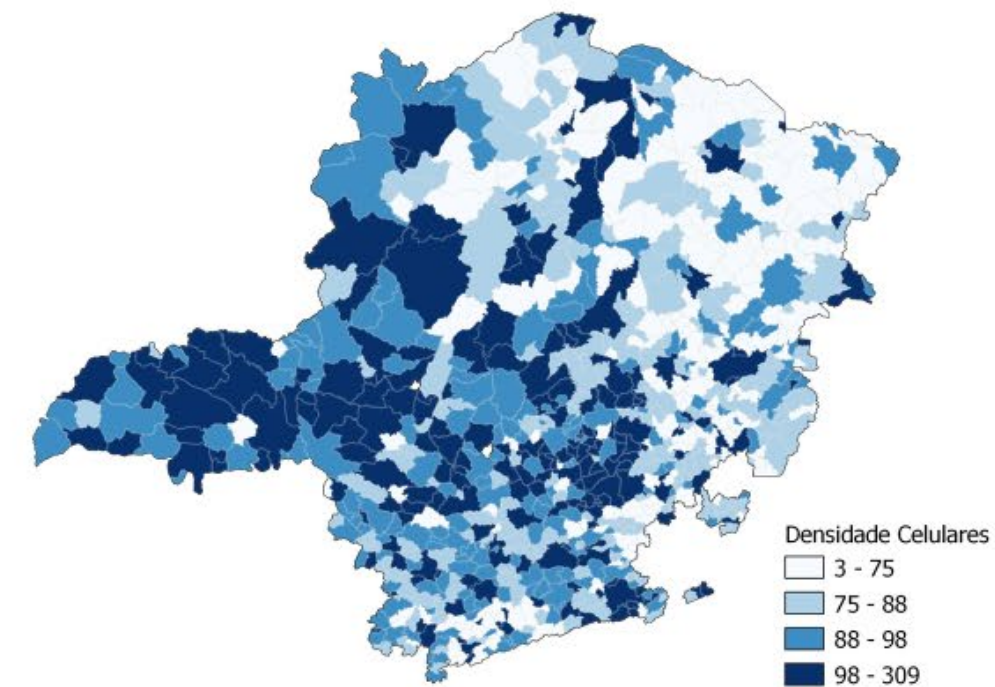
Variável: Consumo médio da classe residencial 2023 (kWh/mês)

Fonte: Cemig

Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil

Celulares



Variável: Densidade dos acessos em serviço na telefonia móvel, por 100 habitantes.

Fonte: Anatel

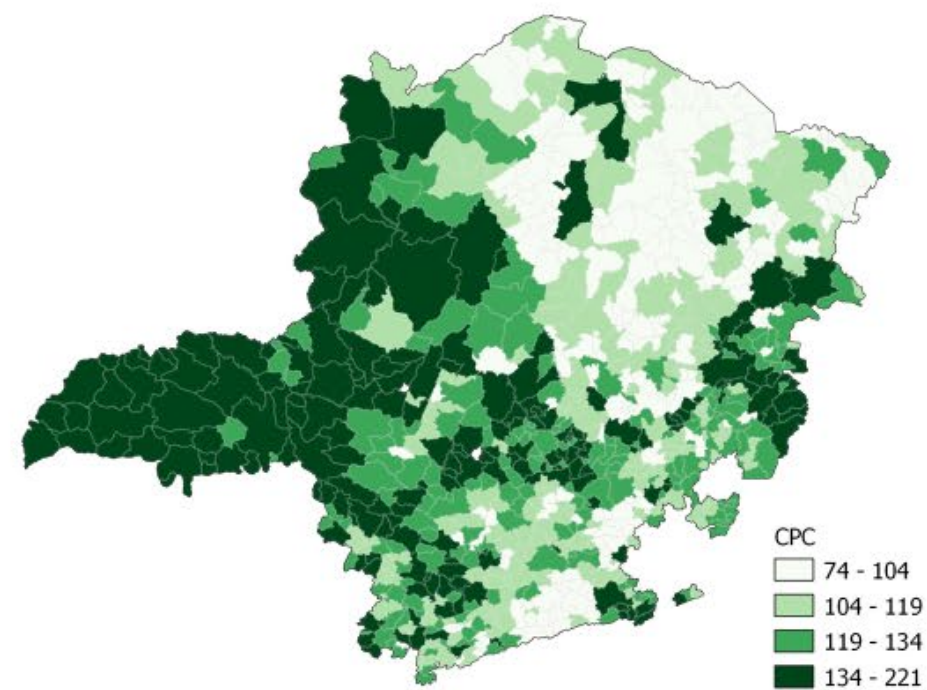
Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil



# Mapas temáticos

Consumo



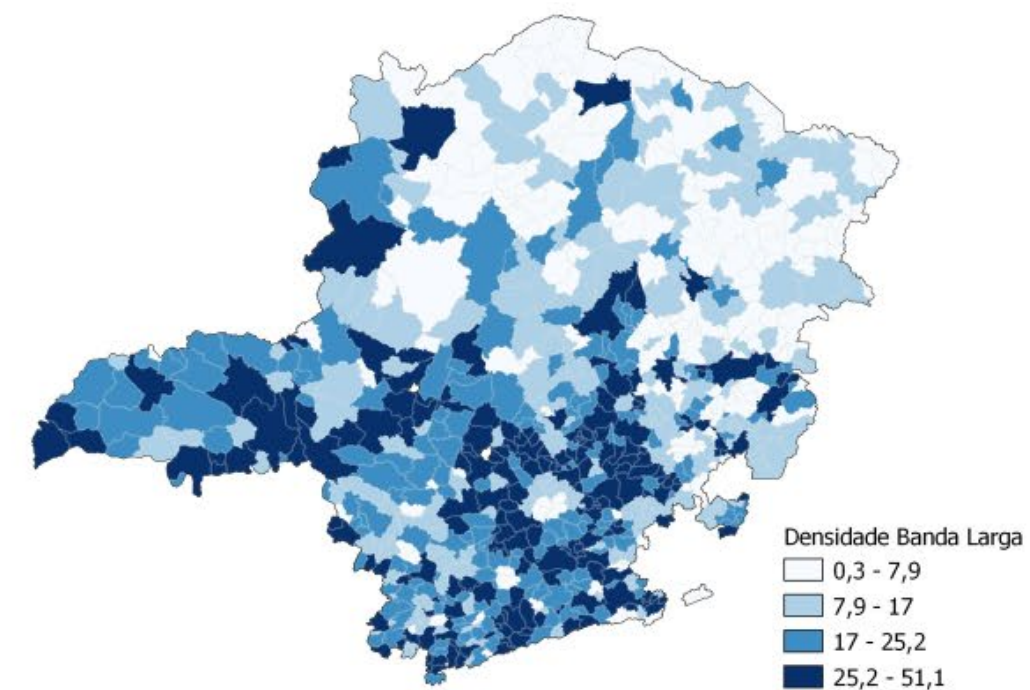
Variável: Consumo médio da classe residencial 2023 (kWh/mês)

Fonte: Cemig

Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil

Banda Larga



Variável: Densidade dos acessos em serviço na banda larga fixa, por 100 habitantes.

Fonte: Anatel

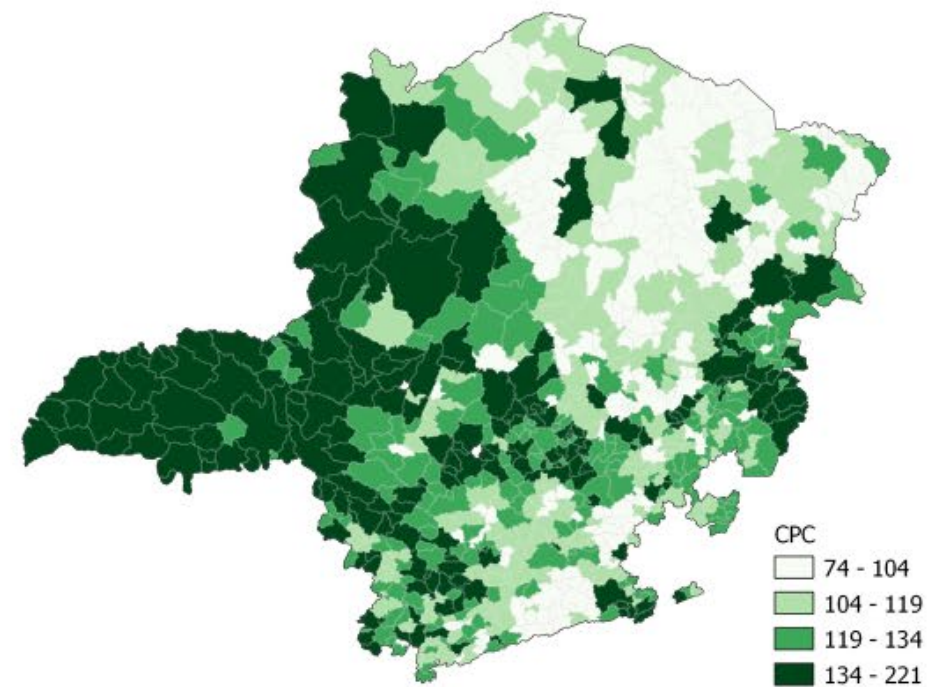
Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil



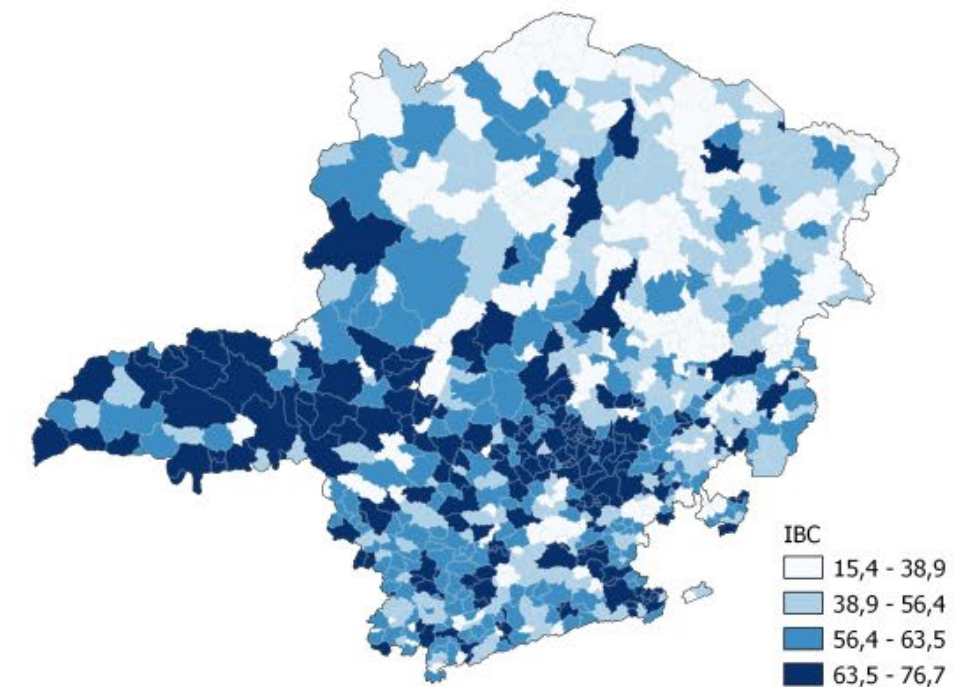
# Mapas temáticos

Consumo



Variável: Consumo médio da classe residencial 2023 (kWh/mês)  
Fonte: Cemig  
Quantidade de municípios: 773  
Método: Quartil

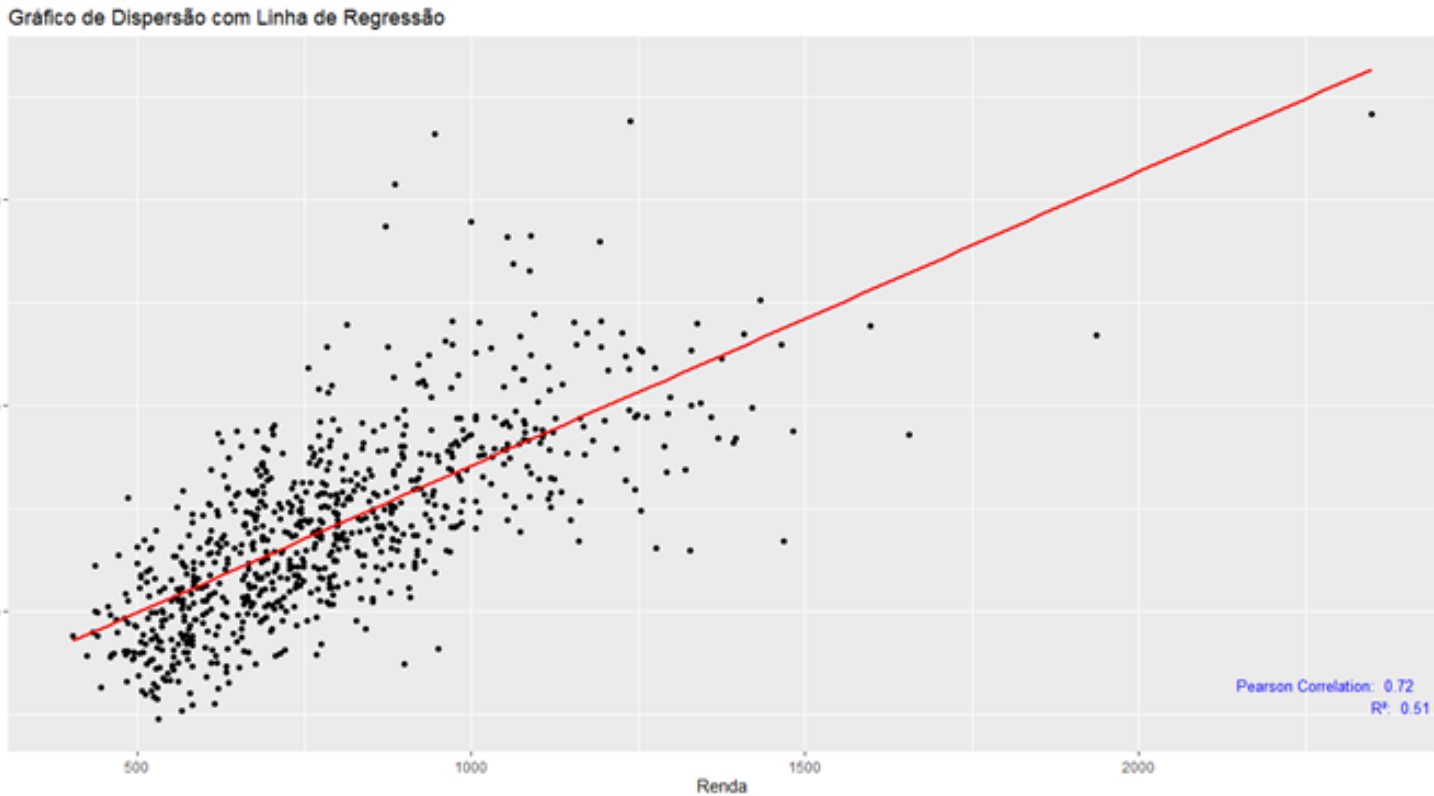
IBC



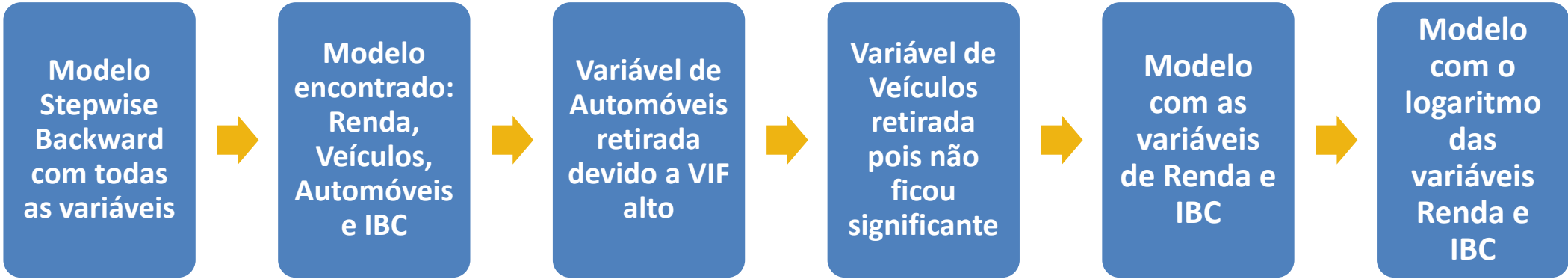
Variável: Índice Brasileiro de Conectividade (IBC)  
Fonte: Anatel  
Quantidade de municípios: 773  
Método: Quartil



# Regressão Linear



	CPC	CPC_2012	Renda	PIB	PIB per capita	VEICULO	AUTOMOV	Densidade_Cel	Densidade_BL	IBC	Populacao
CPC	1.00	0.83	0.72	0.26	0.22	0.38	0.45	0.40	0.36	0.49	0.23
CPC_2012	0.83	1.00	0.81	0.33	0.25	0.45	0.61	0.46	0.52	0.61	0.29
Renda	0.72	0.81	1.00	0.41	0.26	0.49	0.64	0.48	0.51	0.56	0.37
PIB	0.26	0.33	0.41	1.00	0.19	0.19	0.27	0.23	0.24	0.23	0.95
PIB per capita	0.22	0.25	0.26	0.19	1.00	0.13	0.20	0.28	0.17	0.21	0.04
VEICULO	0.38	0.45	0.49	0.19	0.13	1.00	0.87	0.32	0.39	0.40	0.18
AUTOMOV	0.45	0.61	0.64	0.27	0.20	0.87	1.00	0.41	0.53	0.54	0.25
Densidade_Cel	0.40	0.46	0.48	0.23	0.28	0.32	0.41	1.00	0.37	0.53	0.18
Densidade_BL	0.36	0.52	0.51	0.24	0.17	0.39	0.53	0.37	1.00	0.60	0.22
IBC	0.49	0.61	0.56	0.23	0.21	0.40	0.54	0.53	0.60	1.00	0.22
Populacao	0.23	0.29	0.37	0.95	0.04	0.18	0.25	0.18	0.22	0.22	1.00



Realization:

instituto  
abradee



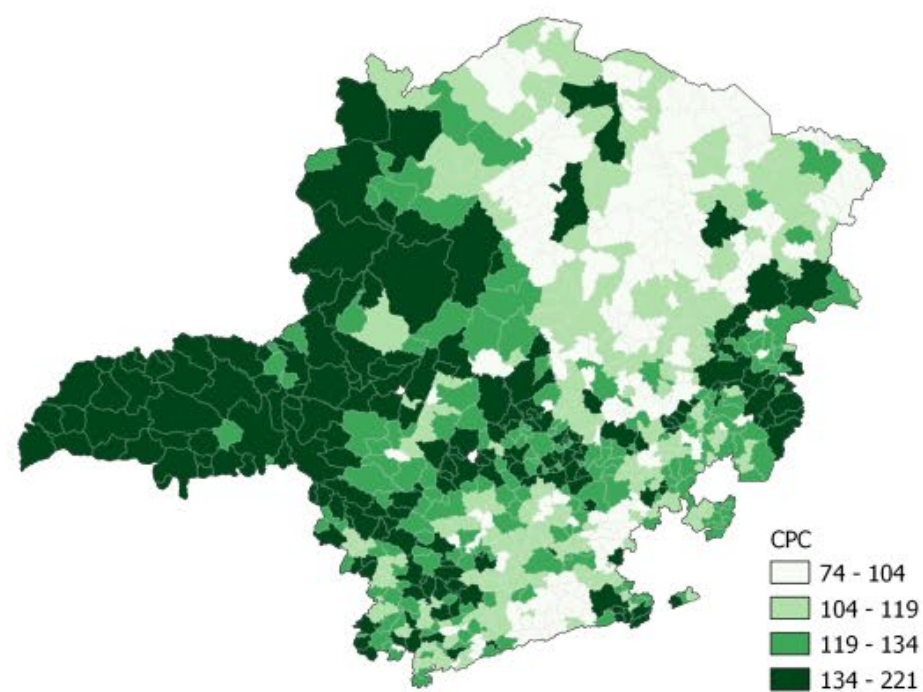
HostCompany:

CEMIG



# Análise Espacial

Consumo



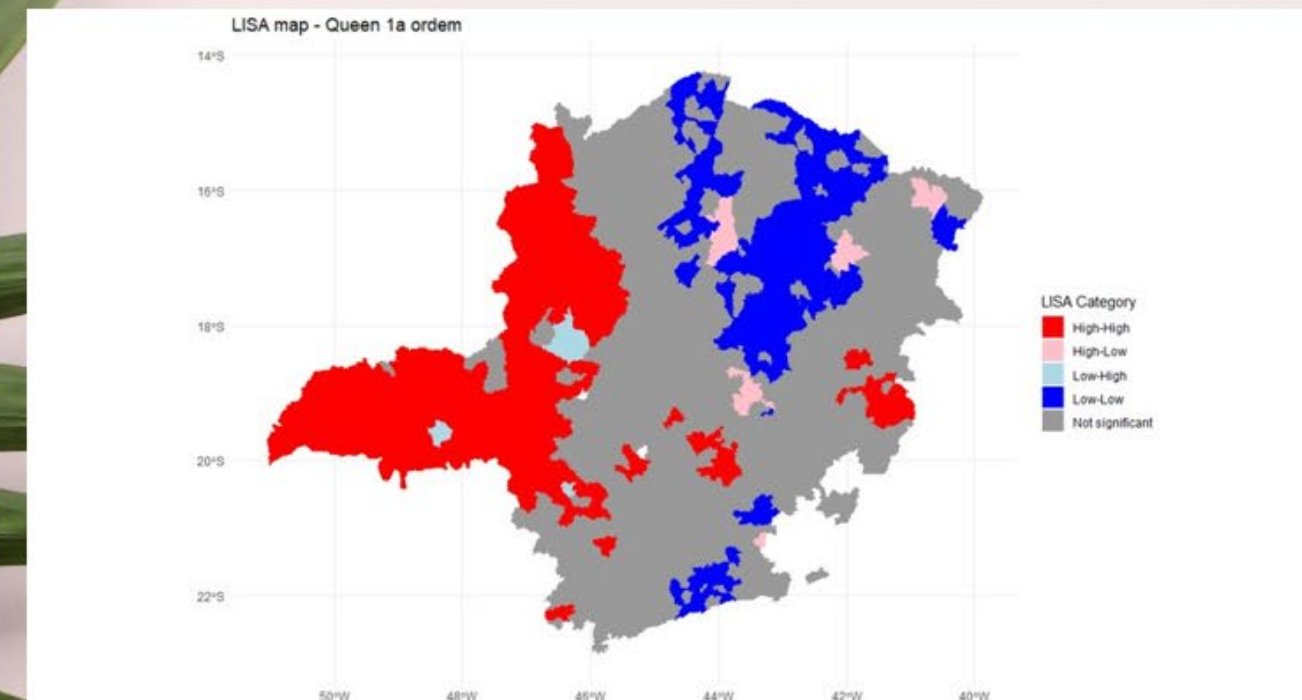
Variável: Consumo médio da classe residencial 2023 (kWh/mês)

Fonte: Cemig

Quantidade de municípios: 773

Método: Quartil

Lisa Map Consumo



I de Moran: 0,5662

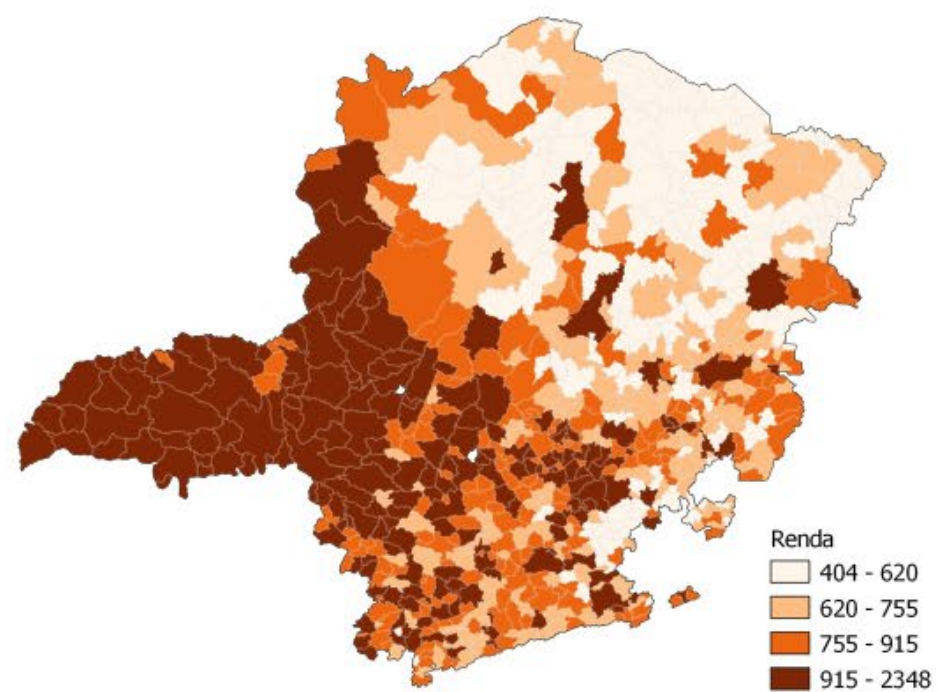
Classes: H-H (107), H-L (6), L-H (3), L-L (84), Not significant (573)

Quantidade de municípios: 773



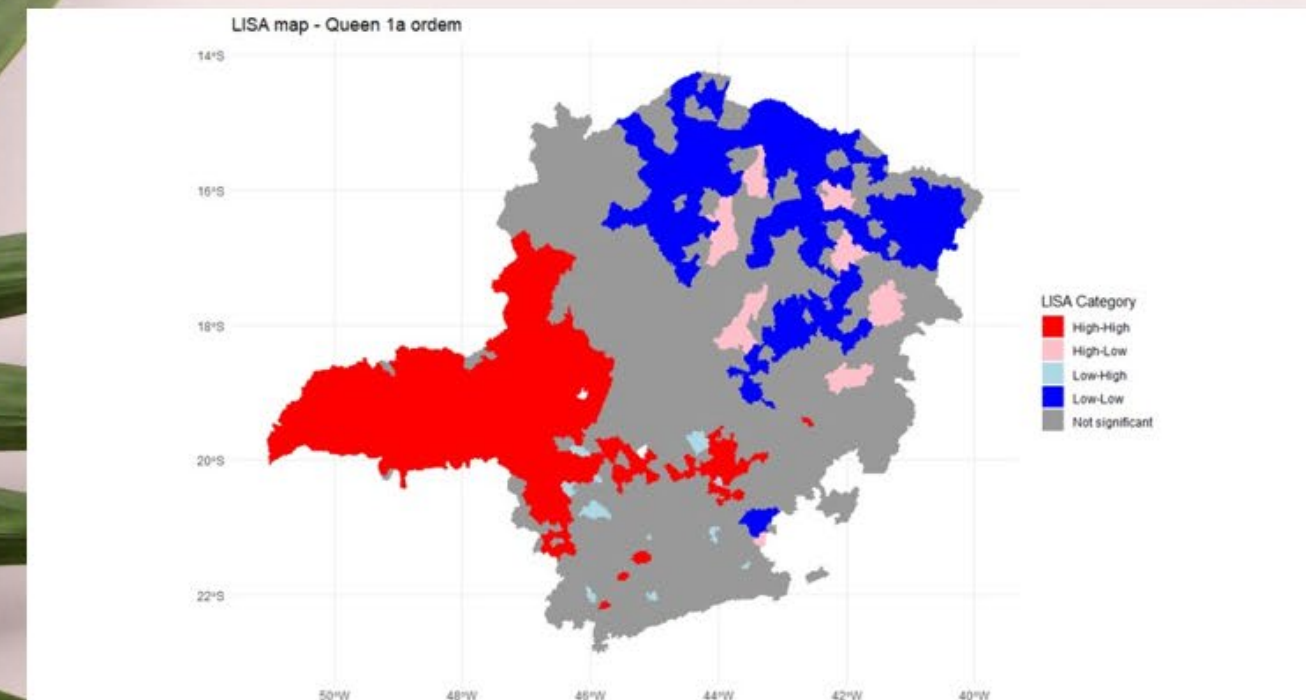
# Análise Espacial

Renda



Variável: Rendimento nominal médio mensal do trabalho principal (R\$)  
Fonte: Censo IBGE 2010  
Quantidade de municípios: 773  
Método: Quartil

Lisa Map Renda



I de Moran: 0,5300

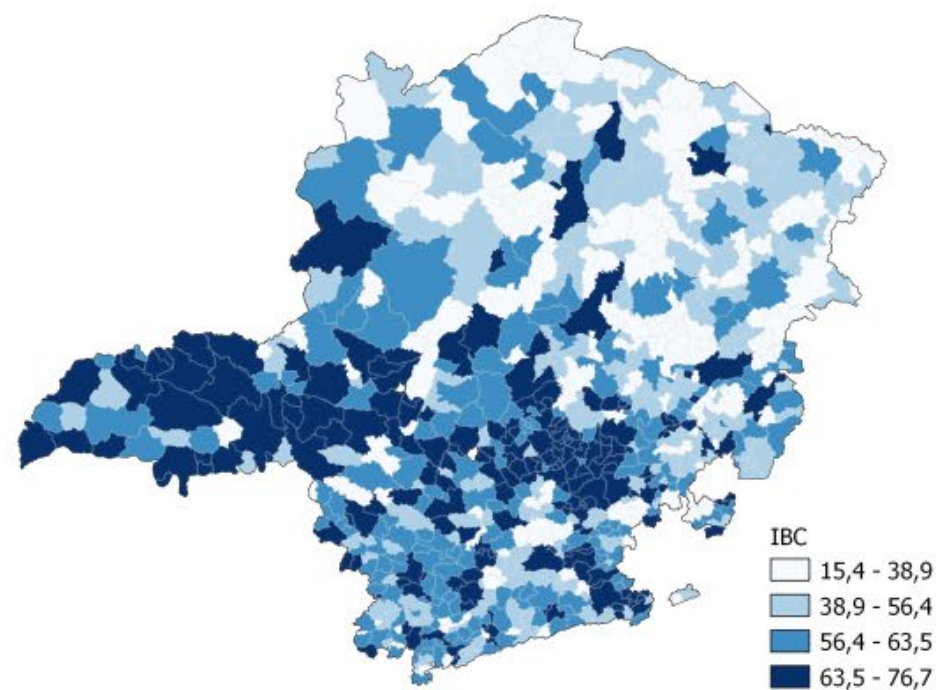
Classes: H-H (116), H-L (8), L-H (12), L-L (90), Not significant (547)

Quantidade de municípios: 773



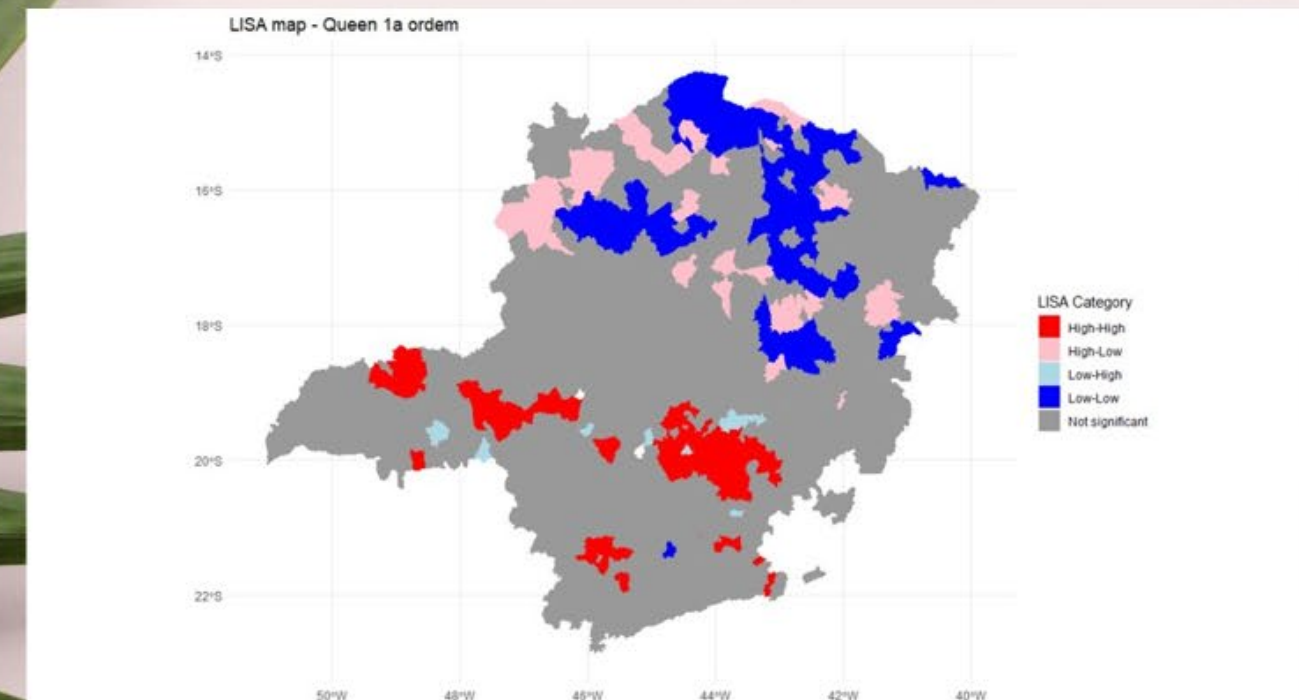
# Análise Espacial

IBC



Variável: Índice Brasileiro de Conectividade (IBC)  
Fonte: Anatel  
Quantidade de municípios: 773  
Método: Quartil

Lisa Map IBC



I de Moran: 0,3698

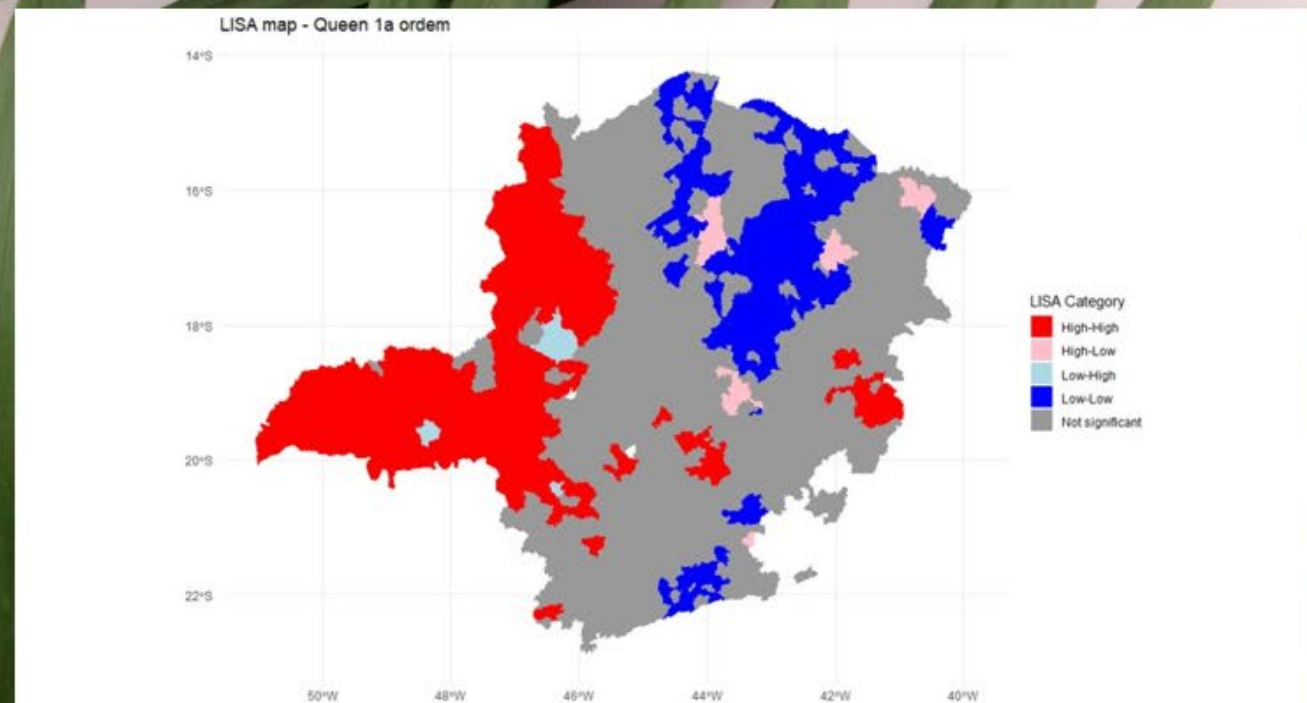
Classes: H-H (79), H-L (15), L-H (8), L-L (64), Not significant (607)

Quantidade de municípios: 773



# Análise Espacial

Lisa Map Consumo

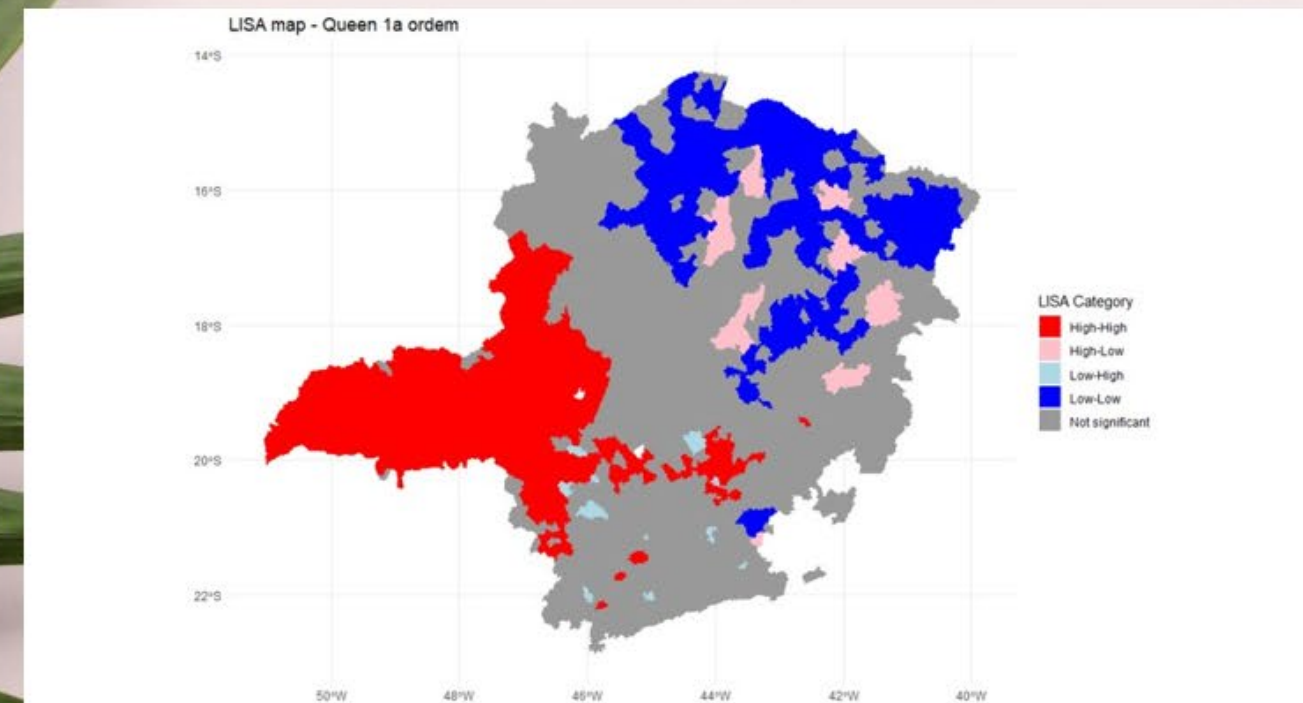


I de Moran: 0,5662

Classes: H-H (107), H-L (6), L-H (3), L-L (84), Not significant (573)

Quantidade de municípios: 773

Lisa Map Renda



I de Moran: 0,5300

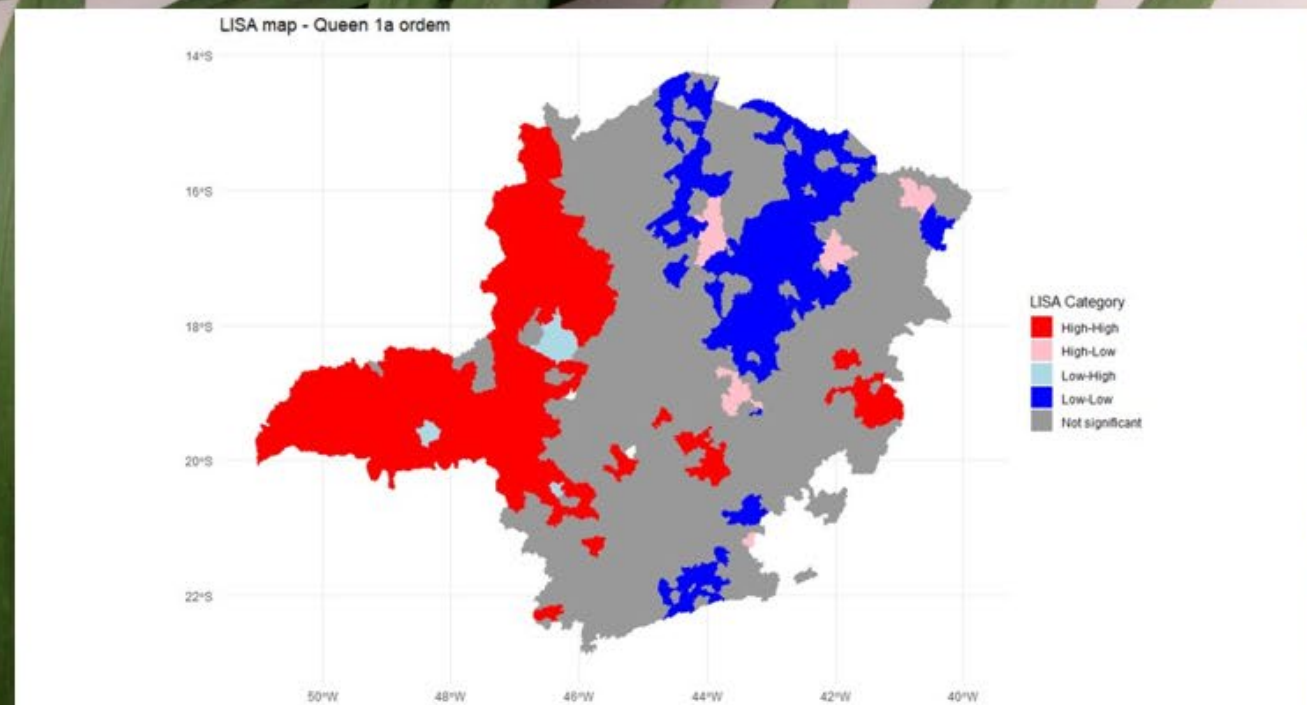
Classes: H-H (116), H-L (8), L-H (12), L-L (90), Not significant (547)

Quantidade de municípios: 773



# Análise Espacial

Lisa Map Consumo

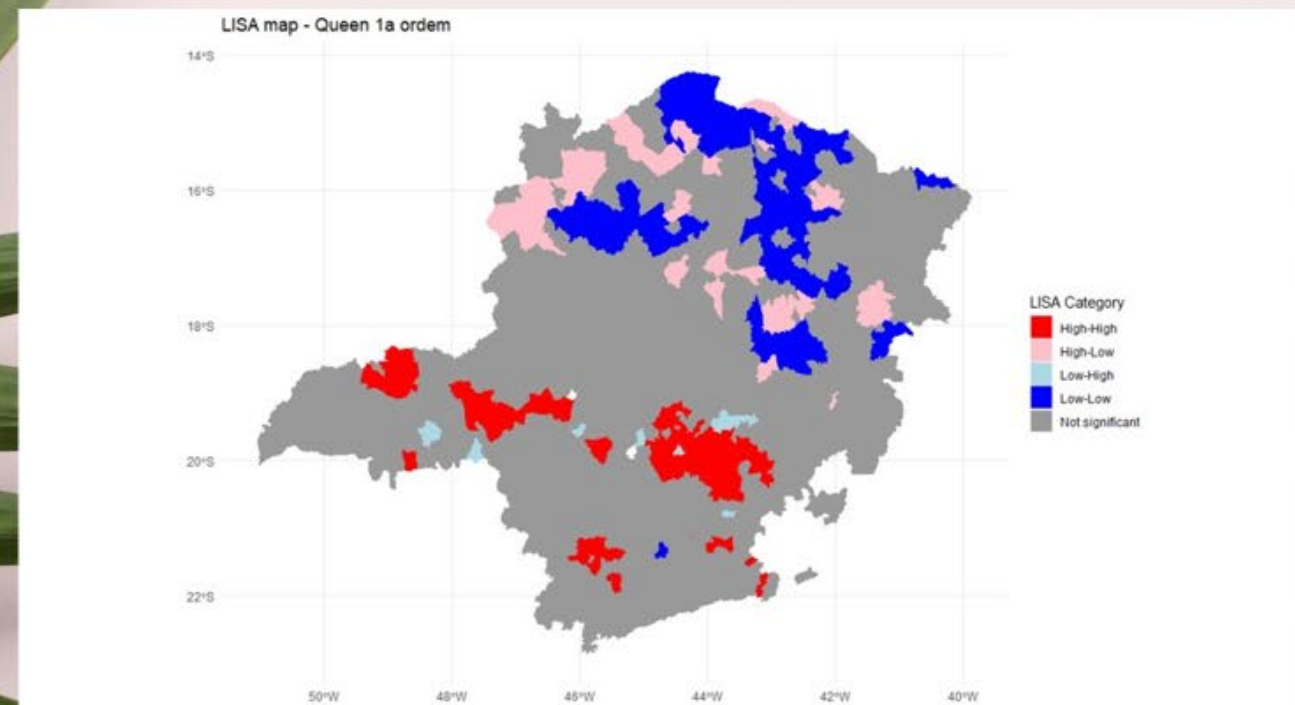


I de Moran: 0,5662

Classes: H-H (107), H-L (6), L-H (3), L-L (84), Not significant (573)

Quantidade de municípios: 773

Lisa Map IBC



I de Moran: 0,3698

Classes: H-H (79), H-L (15), L-H (8), L-L (64), Not significant (607)

Quantidade de municípios: 773

# Regressão Espacial

- GWR para diferentes tipos de kernel (gaussian, exponential, bisquare, tricube, boxcar) usando o critério de informação de Akaike corrigido (AICc) para selecionar a largura de banda
- SAR para diferentes matrizes de vizinhança: k vizinhos mais próximos e adjacência de polígonos de 1ª e 2ª ordens.

Tabela - Resultados dos Modelos de Regressão em Ordem Decrescente de  $R^2$

Modelo de Regressão	$R^2$
GWR Bisquare	0.8260142
GWR Triangular Cubo	0.8190878
GWR Caixa Retangular	0.7729965
GWR Gaussiano	0.7139399
SAR 1ª Ordem	0.6980978
GWR Exponencial	0.6979015
SAR 2ª Ordem	0.6694525
SAR Kernel	0.6606978
Modelo LM	0.5443064

Realization:

instituto  
**abradee**



HostCompany:

**CEMIG**



# Conclusões e referência

- Há correlação entre as variáveis: quanto maior a renda média e o IBC de um município, maior o consumo médio residencial
- Os modelos espaciais GWR e SAR foram mais robustos
- Existe padrão de dependência espacial entre as regiões do estado de Minas Gerais
- FRANCISCO, Eduardo de Rezende. Indicadores de Renda baseados em Consumo de Energia Elétrica: Abordagens Domiciliar e Regional na Perspectiva da Estatística Espacial. 2010. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - FGV-EAESP, São Paulo.

Realization:

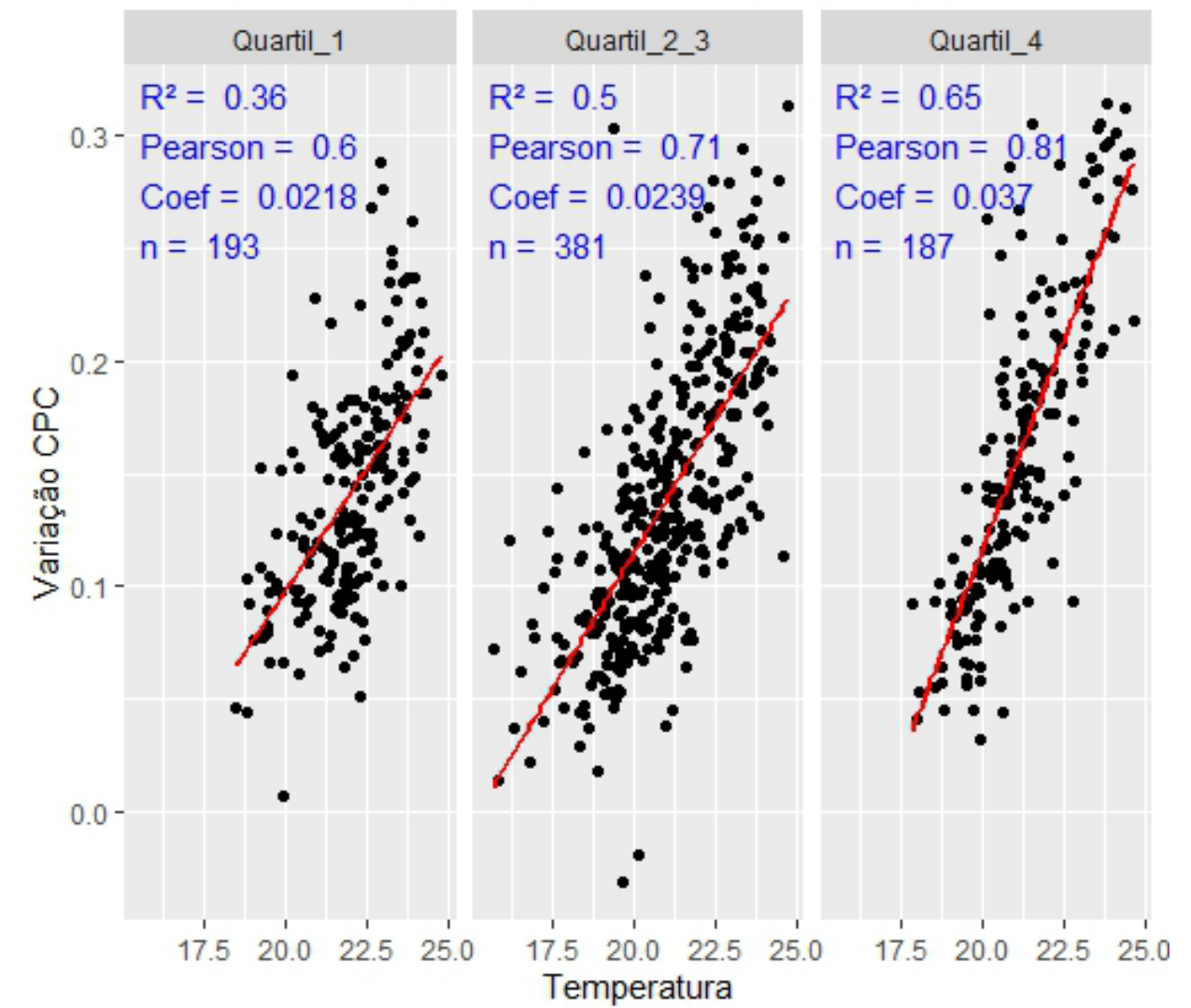
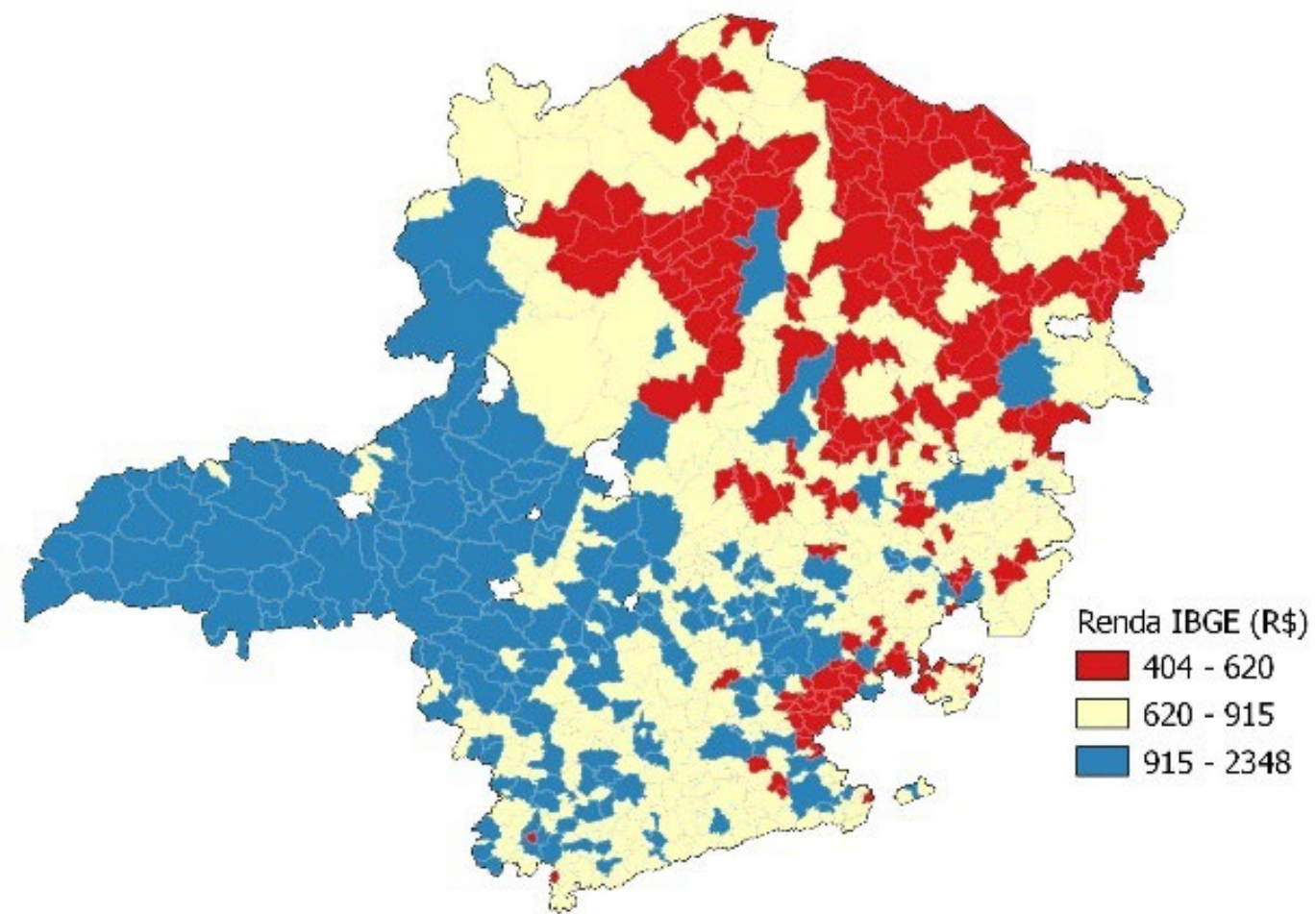
instituto  
**abradee**



HostCompany:

**CEMIG**

# Temperatura



Realization:

instituto  
**abradee**

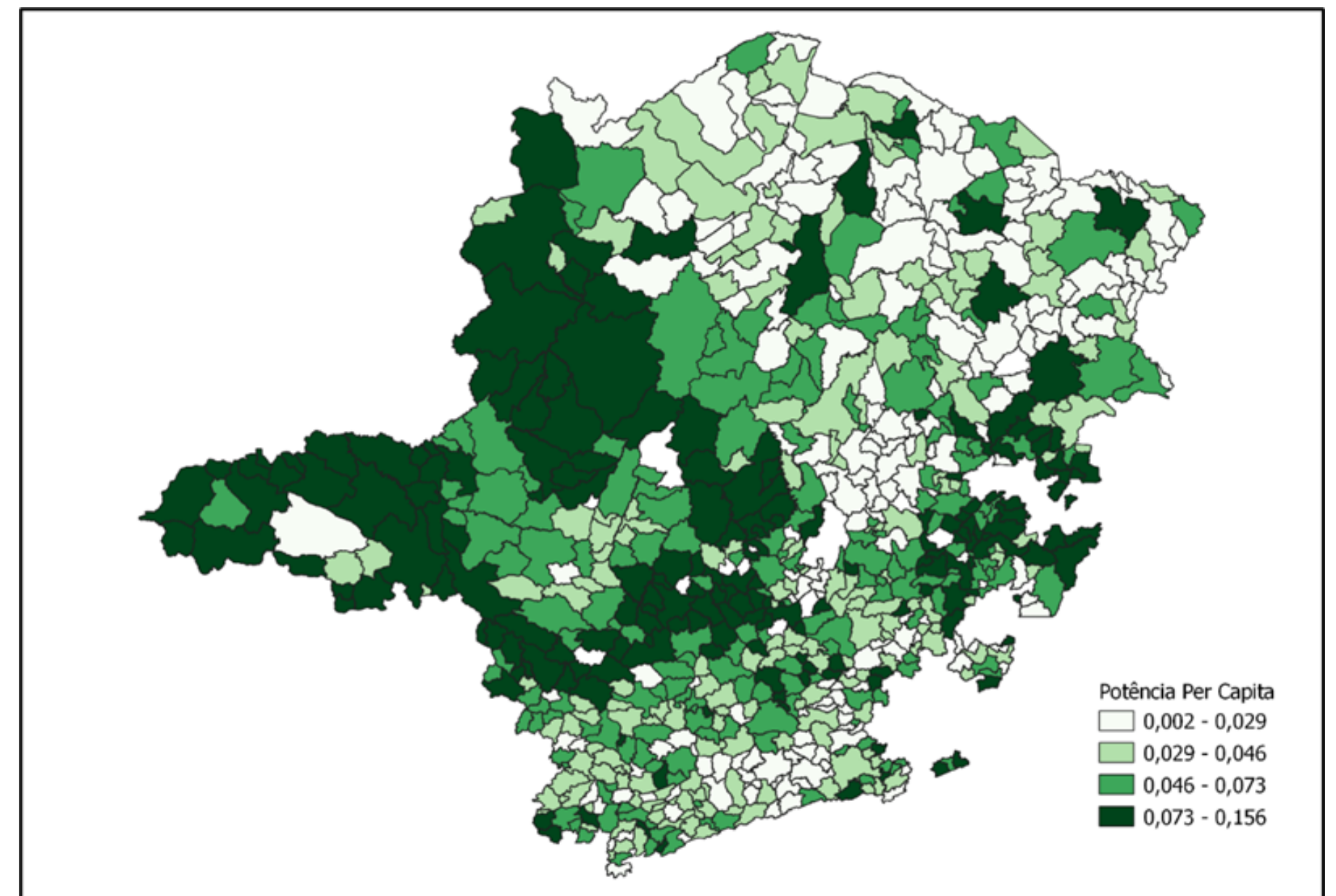
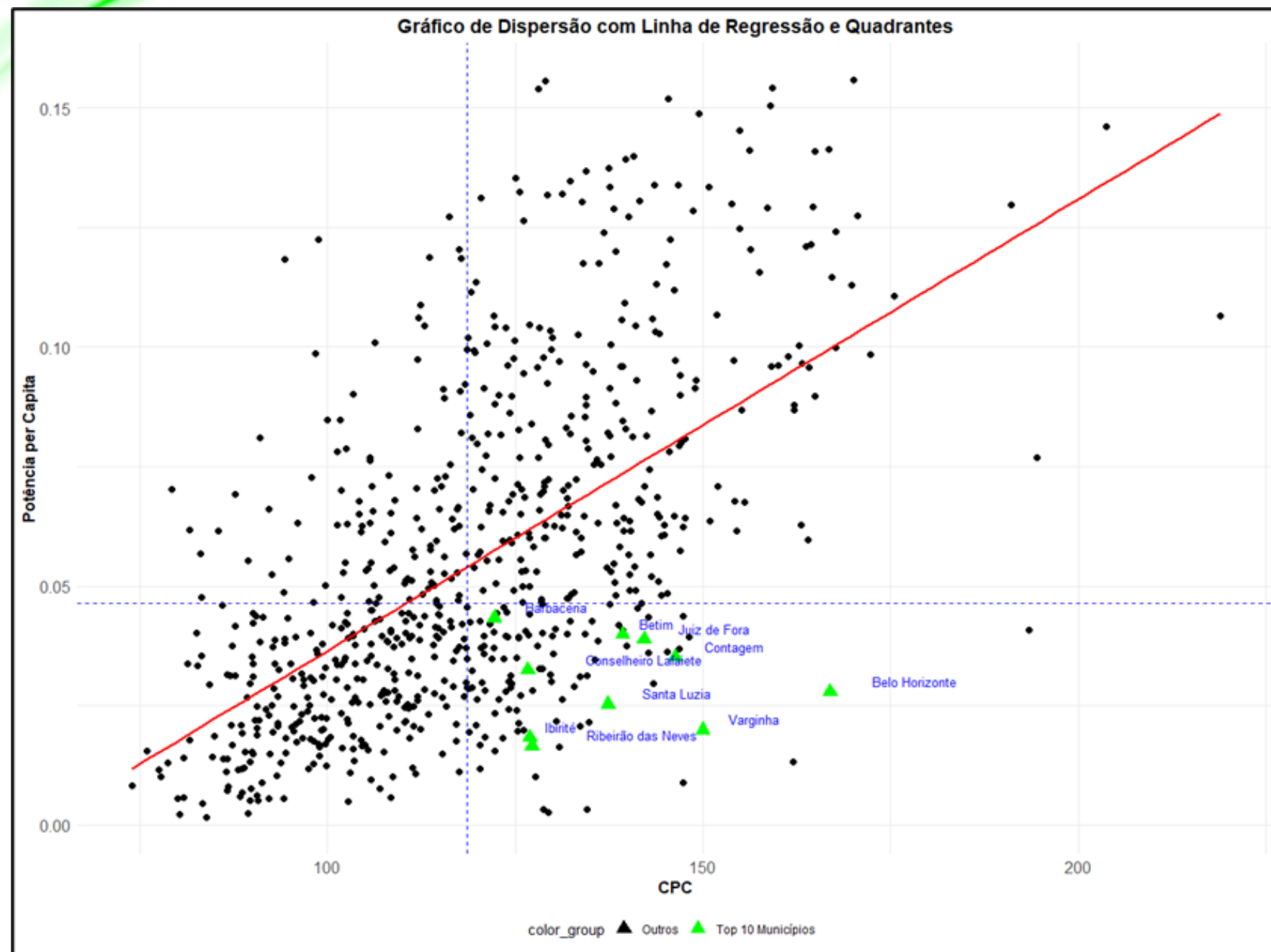


HostCompany:

**CEMIG**



# Microgeração Residencial



Realization:

HostCompany:

Fonte dos dados: Aneel

instituto  
abradee



CEMIG





**OBRIGADO!**