

Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar os determinantes do alto crescimento do PIB per capita do município de Ouro Branco, Minas Gerais, entre o período de 2000 a 2021, utilizando modelos de regressão linear múltipla. Em particular, buscamos entender a influência do natural crescimento do PIB per capita brasileiro, do valor adicionado da indústria de transformação, do valor adicionado da administração pública e de outras variáveis econômicas que podem estar relacionadas o PIB per capita do município de Ouro Branco.

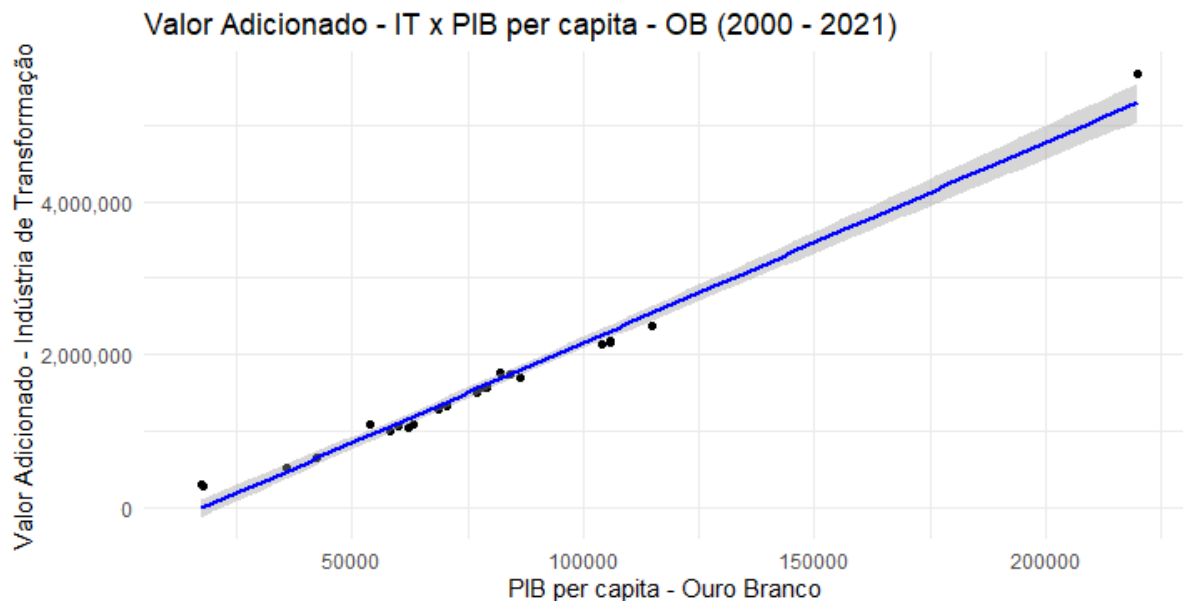
Introdução

Ouro Branco é uma cidade do estado de Minas Gerais que foi elevado a município em 1953, está localizado na região central do estado e ocupa uma área de cerca de 260km², sendo 11 km² em perímetro urbano. Houve vários ciclos econômicos em Ouro Branco que foram determinantes para o que é hoje a economia ouro branquense, iniciado com o ciclo do ouro, depois, o ciclo da uva e posteriormente o da batata, até chegar, atualmente, onde a atividade preponderante é a industrial. Iniciada com a instalação da então empresa estatal Aço Minas Gerais S.A em 1976 e posteriormente adquirida pela Gerdau -maior multinacional brasileira produtora de aço- em 1997 se tornando, esta, a maior usina da empresa no mundo, iniciando-se assim em Ouro Branco o ciclo do Aço.

A unidade produtora de aço localizada em Ouro Branco de posse da GERDAU é considerada a terceira mais importante aquisição da siderúrgica sendo a maior unidade de fornecimento de aço da mesma no mundo. Nela há mais de 8000 colaboradores empregados o que representa mais do que um quinto da população ouro branquense que, segundo o censo de 2022, se concentrava em 38.724 habitantes e mais de um quarto da quantidade de colaboradores da usina.

Sendo assim fica evidente que havendo variações no PIB e/ou PIB per capita ouro branquense, importantes indicadores econômicos, pode-se haver e de fato há correlação com o desenvolvimento da indústria de transformação sendo essa a hipótese primordial do presente trabalho. Estudos anteriores indicam que o desenvolvimento econômico de municípios é frequentemente impulsionado por atividades industriais e pelo setor público. Segundo Menezes et al. (2019), o valor adicionado pela indústria de transformação é um dos principais determinantes do PIB municipal em regiões industriais. De fato, a relação entre o crescimento do PIB per capita de ouro branco e o valor adicionado pela indústria de transformação pode ser corroborada com dados do IMRS e Data SUS.

Figura 1. Regressão linear simples entre o PIB per de Ouro Branco e o valor adicionado da indústria de transformação.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IMRS (2002 - 2021) e do Data SUS (2000-2001).

O gráfico acima mostra que à medida que se cresceu a indústria de transformação dentro do município de Ouro Branco houve também um crescimento do seu PIB per capita sendo essa relação quase perfeita, sendo a variável explicativa significativa à 0,1% quando rodado o modelo de regressão linear simples.

Metodologia e resultados

Usando os dados no decorrer dos anos como unidade amostral, reuni uma relevante quantidade de variáveis para poder buscar dentre estas quais teriam efeito significativo para explicar a evolução do PIB per capita ouro branquense. Dentre as quais, destaco:

- Evolução do PIB per capita brasileiro – IPEA data;
- Evolução do PIB per capita ouro branquense – IMRS e DATA SUS;
- Valor Adicionado – Agropecuária – IMRS;
- Valor Adicionado – Indústria de transformação – IMRS;
- Valor Adicionado – administração pública – IMRS;
- Empregados – Extrativa mineral – IMRS;
- Empregados – Indústria de transformação – IMRS;
- População de Ouro Branco – IMRS

Primeira análise

Em uma primeira análise preocupei-me em verificar se o crescimento do PIB per capita de Ouro Branco não seria devido apenas ao crescimento natural da economia brasileira, para isso utilizei dados do PIB per capita brasileiro durante o mesmo período para estimar uma regressão linear simples e em seguida injetei outras variáveis no modelo para verificar seu ajuste a mais de uma variável.

Figura 2. Regressão linear simples para PIB per capita de Ouro Branco e PIB per capita brasileiro

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    6.627e+03  1.087e+04   0.609   0.549
`PIB per capita brasileiro` 3.137e+00  4.498e-01   6.974 6.91e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 23870 on 21 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6984,    Adjusted R-squared:  0.684
F-statistic: 48.63 on 1 and 21 DF,  p-value: 6.913e-07
```

Fonte: Elaboração própria, utilizando o software estatístico R.

Com esses resultados em mãos vê-se que para cada aumento em uma unidade no PIB per capita brasileiro é esperado um aumento de 3,137 unidades de crescimento no PIB per capita de Ouro Branco o que me levou a crer que haveria outras possíveis explicações para o crescimento dele.

Figura 3. Regressão múltipla para análise do PIB per capita brasileiro

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-7389.3 -2108.2  -588.2   2825.3   7203.3

Coefficients:
              Estimate Std. Error
(Intercept)    1.768e+04  6.605e+03
`PIB per capita brasileiro` 2.121e-01  1.340e-01
`Empregados - industria de transformacao` 4.457e-01  1.207e+00
`valor Adicionado - industria de transformacao` 3.420e-02  1.317e-03
              t value Pr(>|t|)
(Intercept)    2.677   0.0165 *
`PIB per capita brasileiro` 1.582   0.1331
`Empregados - industria de transformacao` 0.369   0.7168
`valor Adicionado - industria de transformacao` 25.962 1.66e-14 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3945 on 16 degrees of freedom
(3 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.9912,    Adjusted R-squared:  0.9896
F-statistic: 602.8 on 3 and 16 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Fonte: Elaboração própria, utilizando o software estatístico R.

Desse modo foi possível identificar uma alta correlação entre as variáveis do PIB per capita brasileiro e ouro branquense rodado o MQO simples, mas não quando há a presença de mais variáveis. A alta correlação entre as duas variáveis de controle iniciais e tanto o R^2 e o R^2 ajustado inflados podem ser explicados pela

baixa quantidade de amostras por mais que suficientes para a estimação do modelo.

Ainda olhando para a figura 3, outra coisa que chama bastante a atenção é que, apesar da perda de significância da variável que dita o PIB per capita brasileiro, o R^2 ainda sim sobe para 98,96% devido a inserção da variável de controle “Valor Adicionado – Industria de Transformação” que é significativa a 0,1%. Assim, apresentando os resultados esperados.

A hipótese inicialmente postulada e que se quis demonstrar com estes dois modelos iniciais e para o restante do trabalho é de que não haveria alta significância entre a variação do PIB per capita brasileiro e a variável dependente o que se mostrou verdadeiro quando esta controlada por outras variáveis e correlação positiva entre o valor adicionado da indústria de transformação e a mesma. Também é importante frisar que essas duas lógicas se mantiveram inalteradas em análises posteriores.

Segunda análise

Em uma segunda análise dediquei-me a apanhar uma maior quantidade de dados que pudessem servir para a explicação da minha variável dependente, dentre elas posso destacar o “valor adicionado da administração pública” e a “evolução da população de Ouro Branco” sendo que esta última faz muito sentido dado que estou trabalhando com PIB per capita.

Destaco estas duas pois ambas tiveram efeito oposto ao que era esperado no sentido de que a variável que dita a população de Ouro Branco se mostrou não ser significativa quando controlada por mais variáveis e o valor adicionado da administração pública se tornou uma importante variável a estar no modelo até o final do trabalho apesar da também baixa significância quando posta junto a outras variáveis explicativas.

Figura 4. Modelo com quatro variáveis

```

Coefficients:
                                Estimate Std. Error
(Intercept)                   -8.180e+04  6.463e+04
Populacao.total                3.405e+00  2.193e+00
`PIB per capita brasileiro`    -1.462e+00  1.284e+00
`Valor Adicionado - Industria de transformação`  3.626e-02  1.877e-03
`Valor Adicionado - administração publica`      1.248e-01  2.276e-01
                                t value Pr(>|t|)
(Intercept)                   -1.266    0.223
Populacao.total                1.553    0.139
`PIB per capita brasileiro`    -1.139    0.271
`Valor Adicionado - Industria de transformação`  19.319  5.27e-13 ***
`Valor Adicionado - administração publica`      0.548    0.591
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5086 on 17 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.9878,    Adjusted R-squared:  0.9849
F-statistic: 344.4 on 4 and 17 DF,  p-value: 5.061e-16

```

Fonte: Elaboração própria, com dados do IMRS, data SUS e IPEA data.

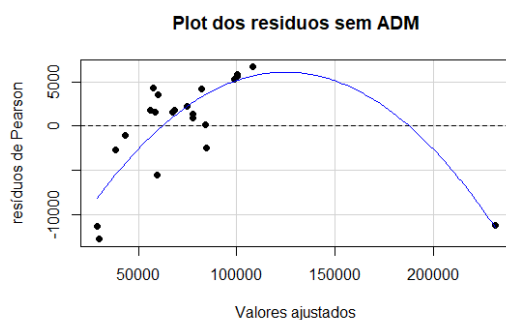
Aqui havia o pressuposto de que a variável de população seria significativa, mas logo foi notado o equívoco dado que a população de Ouro Branco não teve uma variação significativa no período abordado saindo de 30383 habitantes no ano de 2000 passando pela máxima de 40220 em 2021 seguida de uma queda para 38724 em 2022. Essa queda no último ano pode ter contribuído significativamente no aumento do PIB per capita nesse ano dado que ele mais que dobrou no período. Mas é interessante notar que o valor adicionado da indústria de transformação também dobrou nesse último ano.

Seguiu-se a partir daqui diversos testes de modelos para verificar qual teria o melhor ajuste.

Análise final

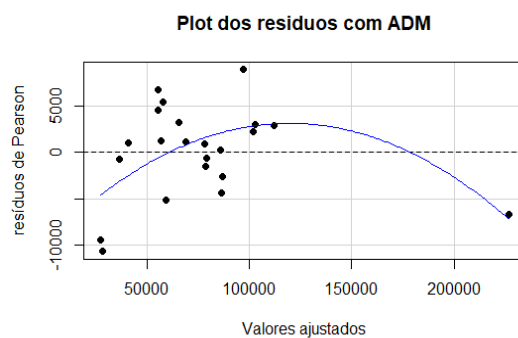
Após testes de modelos com diferentes tipos de variáveis procurando o melhor ajuste que contribui com o modelo no sentido de aumentar R^2 ajustado, aproximar mais a média dos resíduos a 0 e reduzir a variância destes. Aqui entrou a importância da variável do valor adicionado da administração pública pois tendo-a no modelo, este passou a apresentar uma distribuição mais aleatorizada das minhas observações com os resíduos, sendo isto o desejável.

Figura 5. Gráfico da plotagem dos resíduos com as observações sem a variável Valor Adicionado da Administração pública.



Fonte: Elaboração própria utilizando o software estatístico R.

Figura 6. Gráfico da plotagem dos resíduos com as observações com a variável Valor Adicionado da Administração pública.



Fonte: Elaboração própria utilizando o software estatístico R.

Diminuindo, então, o teor de heterocedasticidade do modelo, mas possivelmente trazendo um problema relacionado a alta colinearidade que teve de ser corrigido em passos posteriores.

Para este momento frisei-me em tentar verificar a presença de heterocedasticidade. Para isto tentei os resíduos ao quadrado contra cada uma das variáveis independentes e elaborar um gráfico de dispersão para analisar

visualmente o que estava acontecendo. Foram gerados três gráficos, que seguem abaixo.

Figura 7.

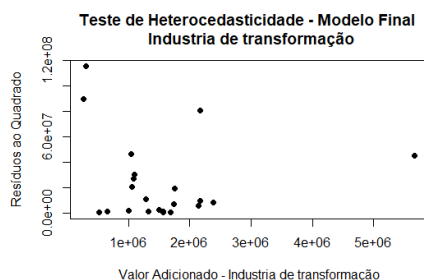


Figura 8.

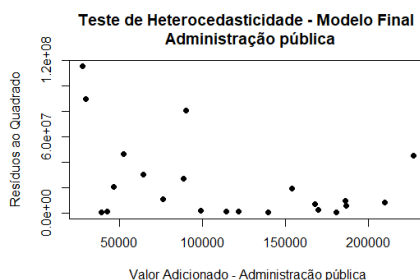
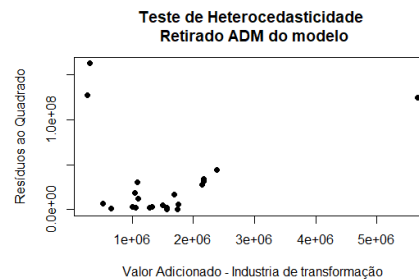


Figura 9.



Fonte: Elaboração própria, utilizando o software estatístico R.

Talvez por incapacidade técnica ou teórica, eu particularmente não consegui extrair nenhuma interpretação desses dados. Segui, então, para os testes de Breush-Pagan e White. Sendo os resultados aqui apresentados nas figuras 7 e 8.

Figura 7. Teste de Breush-Pagan.

```
studentized Breusch-Pagan test
data: modelofinal
BP = 6.8944, df = 2, p-value = 0.03183
```

Figura 8. Resultado do Teste de White.

```
> c(LM, p.value)
[1] 8.82318702 0.06567415
```

Fonte: Elaboração própria.

Fonte: Elaboração própria.

Apesar de haver um valor maior do que 5% para o teste de White é possível verificar a presença de heterocedasticidade no modelo. Além disso, ao tentar corrigir a heterocedasticidade foi identificado dois possíveis problemas, um de colinearidade nas variáveis independentes o que torna a matriz do modelo mal condicionada resultando em uma matriz de covariância estimada que é singular, ou seja, que não pode ser invertida, o que impede a correta estimação dos erros padrão robustos ou problemas de escala com as variáveis.

Utilizou-se o fator de inflação da variância para verificar se havia colinearidade entre as variáveis explicativas por meio da fórmula “vif” da biblioteca “car”. Não foi verificado um VIF muito alto o que me levou a crer que poderia ser algo relacionado a um problema de escala com as variáveis.

Para resolver o problema, então, padronizou-se as variáveis subtraindo a média e dividindo pelo desvio padrão para tentar melhorar o condicionamento do modelo.

Feito isso segue abaixo resultados encontrados.

Figura 9. Modelo final ajustado para heterocedasticidade.

```

call:
lm(formula = `PIB per capita ouro branquense` ~ `Valor Adicionado - Industria de transformação` +
  I(`Valor Adicionado - Industria de transformação`^2) +
  `Valor Adicionado - administração publica` + I(`Valor Adicionado - administração publica`^2),
  data = base_final)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-5323.1 -1950.1   283.2  2036.0  4663.7

Coefficients:
                                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)                   78991.3     1109.9   71.168 < 2e-16 ***
`Valor Adicionado - Industria de transformação` 50977.6     2452.2   20.789 1.59e-13 ***
I(`Valor Adicionado - Industria de transformação`^2) -3541.0      669.3   -5.290 6.00e-05 ***
`Valor Adicionado - administração publica` -2645.7     1560.3   -1.696  0.108
I(`Valor Adicionado - administração publica`^2)  1147.9     1209.5    0.949  0.356
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3087 on 17 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.9955,    Adjusted R-squared:  0.9945
F-statistic:  942 on 4 and 17 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Fonte: Elaboração própria, utilizando o software R.

A partir desse modelo chegamos à conclusão de que o valor adicionado da indústria de transformação não só é altamente significativo para explicar o aumento acentuado do PIB per capita de Ouro Branco durante o período de 2000 – 2021, como é responsável por explicar algo em torno de 99,45% deste. Porém, existem algumas limitações no trabalho que dificultam a tomada dessa conclusão como por exemplo o caso de dados faltantes. Apesar do meu campo amostral abranger grande parte da existência de Ouro Branco, infelizmente não fui capaz de encontrar dados de tempos anteriores à chegada da GERDAU no município para termos de comparativos.

Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar os determinantes do alto crescimento do PIB per capita do município de Ouro Branco, Minas Gerais, entre 2000 e 2021, com ênfase no impacto das variáveis econômicas, especialmente o valor adicionado pela indústria de transformação. Através da aplicação de modelos de regressão linear múltipla, foi possível verificar que a indústria de transformação desempenha um papel crucial no crescimento econômico de Ouro Branco.

Os resultados indicam que o crescimento do PIB per capita brasileiro não foi altamente influente no crescimento local, apesar de ter o seu efeito positivo. Já o valor adicionado pela indústria de transformação se mostrou uma variável altamente significativa, corroborando a hipótese inicial. Além disso, a análise evidenciou a importância da administração pública na explicação das variações no PIB per capita de Ouro Branco.

No decorrer das análises, foi necessário ajustar o modelo para lidar com problemas de heterocedasticidade e colinearidade, garantindo assim a robustez dos resultados. A inclusão de variáveis adicionais, como a população e o valor

adicionado pela administração pública, diferiram das hipóteses inicialmente postuladas, exigindo uma revisão cuidadosa e ajustes no modelo.

A conclusão fundamental deste estudo é que a industrialização, especialmente pela presença significativa da GERDAU, é o principal motor do crescimento econômico de Ouro Branco. Em futuras pesquisas, recomenda-se a análise de outros setores econômicos e a inclusão de novas variáveis que possam fornecer uma compreensão mais abrangente do crescimento do PIB per capita em Ouro Branco.

Referências:

- <https://imrs.fjp.mg.gov.br/NovoPerfil?id=537>
- <https://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>
- <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/pibmunmg.def>
- <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=38375>
- <http://www.ipeadata.gov.br/doc/Metodologia%20PIB%20Municipal%20-%201999-2002.pdf>
- <https://www2.gerdau.com.br/noticias/usina-da-gerdau-em-ouro-branco-atinge-marca-de-100-milhoes-de-toneladas-de-aco-produzidos/>
- <https://www2.gerdau.com.br/sobre-nos/>
- Campos, R., & Silva, J. (2021). O impacto do gasto público no desenvolvimento econômico municipal. *Revista de Economia Regional*.
- Menezes, A., Santos, L., & Oliveira, P. (2019). Determinantes do PIB municipal: Uma análise da indústria de transformação. *Revista Brasileira de Economia*.