

SOBRE AGENDA MÍNIMA: O CASO DA FERROGRÃO

16º SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL
Políticas Logísticas para uma Agenda Mínima de Estado

FERNANDO VINÍCIUS DA ROCHA

Pesquisador do ESALQ-LOG

Doutorando em Economia Aplicada (ESALQ/USP)

INTRODUÇÃO

- **Agronegócio Brasileiro: 25% do PIB (CEPEA, 2016);**
- **Soja e milho: Mato Grosso como importante produtor;**
- **Impacto dos custos de transporte no MT: até 35% do preço da soja no mercado internacional (SILVA-NETO, ROCHA, PÉRA e CAIXETA-FILHO, 2014);**
- **Incentivo à intermodalidade e exportação pelos portos do Arco Norte.**

Portos do Arco Norte:

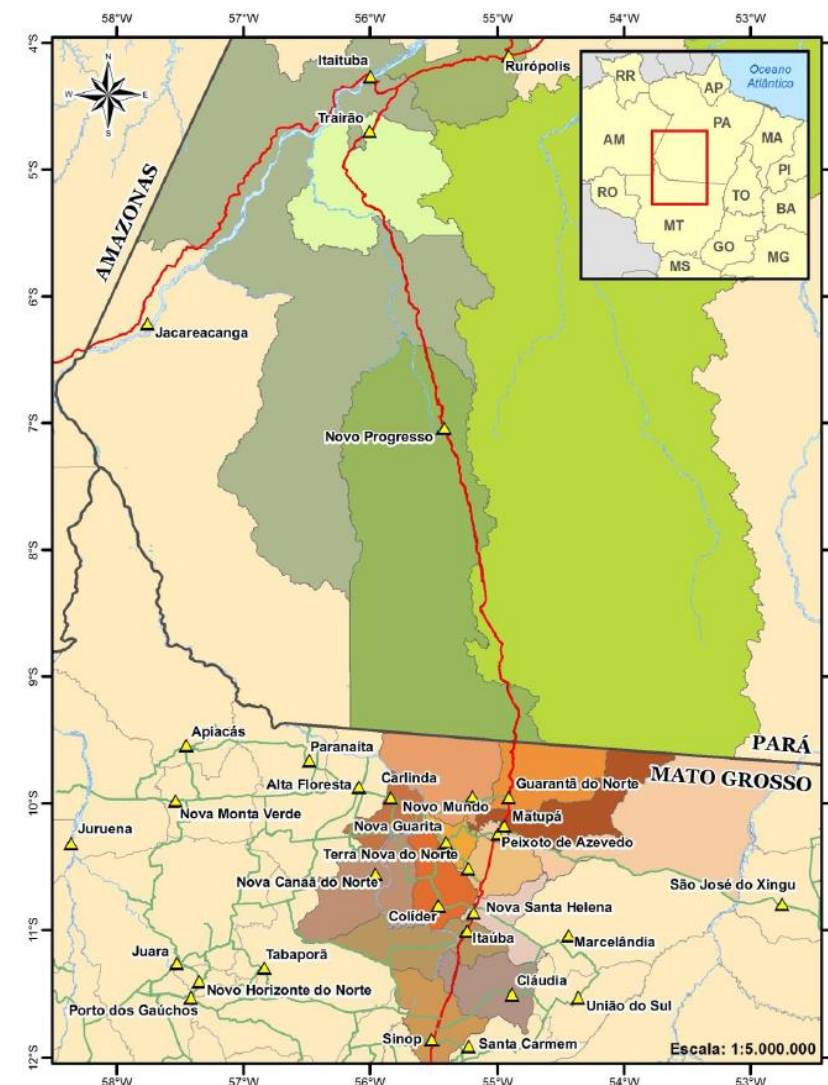
- Crescimento das exportações (MDIC, 2016);
- Impactos em custos de transporte e emissão e CO₂ (JOÃO et al., 2016).



INTRODUÇÃO

Ferrogrão (EF-170):

- Programa de Investimento Logística (PIL, 2015);
- Programa de Parcerias de Investimento (PPI, 2017).

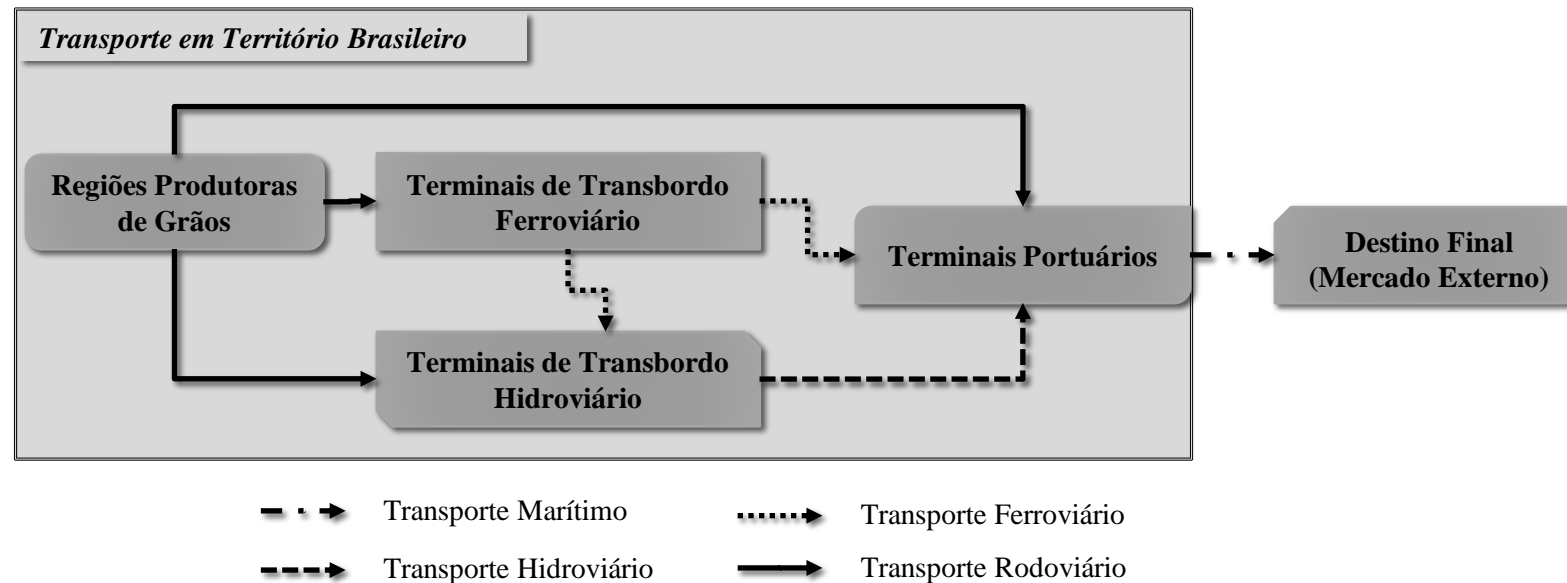


OBJETIVOS

- i. Mensurar o impacto econômico que a presença dessa ferrovia tem na cadeia de exportação de soja e milho do Mato Grosso;
- ii. Identificar o local ótimo para a construção do terminal de transbordo da Ferrogrão no Estado do Mato Grosso.

Modelagem matemática de programação linear do tipo inteira mista (MIP):

- BRANCO et al. (2010);
- BRANCO e CAIXETA FILHO (2011);
- BARTHOLOMEU et al. (2014).



Minimizar R

$$= \sum_i \sum_j F_{ij} * X_{ij} + \sum_i \sum_l H_{il} * Z_{il} + \sum_i \sum_k G_{ik} * Y_{ik} + \sum_j \sum_k O_{jk} * W_{jk} + \sum_l \sum_k P_{lk} * V_{lk} + \sum_k \sum_m N_{km} * U_{km}$$

RESTRICÇÕES

$$\sum_k Y_{ik} + \sum_j X_{ij} + \sum_l Z_{il} \geq A, \quad \forall i, k, j, l$$

$$\sum_i Z_{il} \leq D, \quad \forall i, l$$

$$\sum_i Y_{ik} + \sum_j W_{jk} + \sum_l V_{lk} \leq C, \quad \forall i, k, j, l$$

$$\sum_k U_{km} \geq E, \quad \forall k, m$$

$$\sum_i X_{ij} - \sum_k W_{jk} = 0, \quad \forall i, k, j,$$

$$\sum_i Z_{il} - \sum_k V_{lk} = 0, \quad \forall i, l, k$$

$$\sum_i Y_{ik} + \sum_j W_{jk} + \sum_l V_{lk} - \sum_m U_{km} = 0, \quad \forall i, k, j, m$$

$$\sum_i X_{ij} \leq SIN * B, \quad j = Sinop$$

$$\sum_i X_{ij} \leq LUC * B, \quad j = Lucas do Rio Verde$$

$$\sum_i X_{ij} \leq COL * B, \quad j = Colíder$$

$$\sum_i X_{ij} \leq PEI * B, \quad j = Peixoto de Azevedo$$

$$\sum_i X_{ij} \leq B, \quad j = Rondonópolis, Araguaari$$

$$SIN + LUC + COL + PEI - 1 \leq 0$$

Conjuntos:

- i se refere aos municípios produtores de soja e milho no Mato Grosso;
- j são os terminais de transbordo ferroviários considerados na análise;
- k são os portos pelos quais o Mato Grosso exporta soja e milho;
- l são os terminais de transbordo hidroviários utilizados nas exportações de grãos do Mato Grosso;
- m representam os centroides (continentes) de destino final da soja exportada pelo Mato Grosso.

Parâmetros:

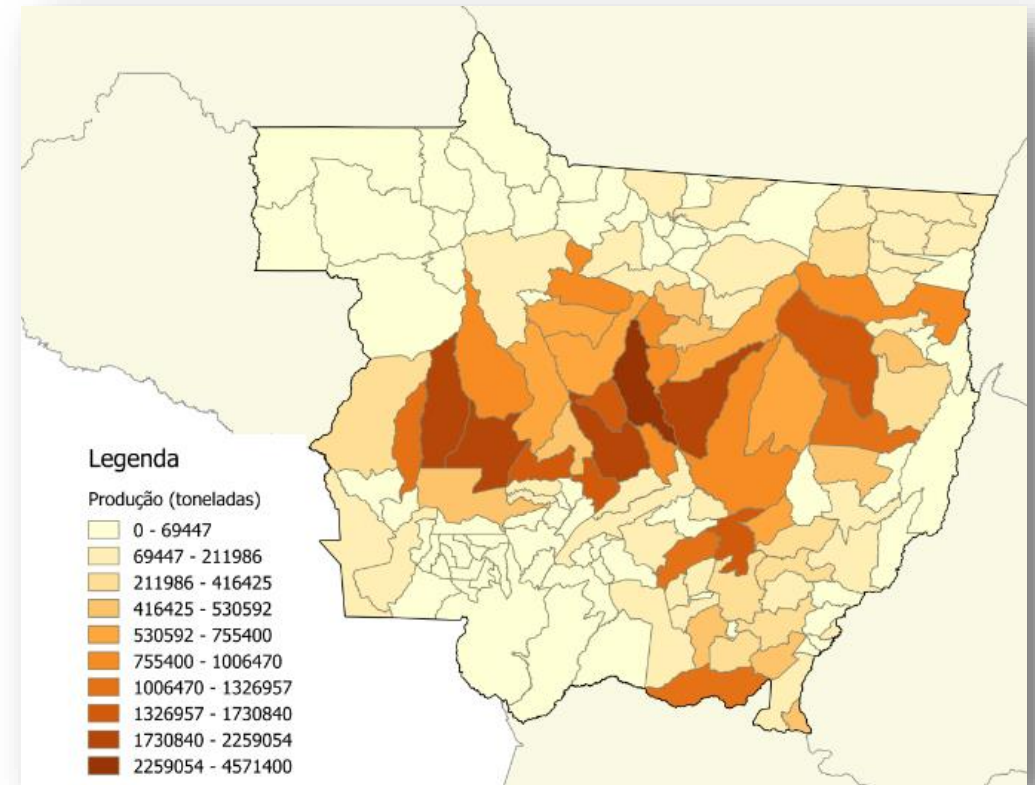
- A : produção de soja e milho nos municípios (i);
- B : capacidade de transporte dos terminais ferroviários (j);
- C : capacidade de exportação dos portos (k);
- D : capacidade de transporte dos terminais hidroviários (l);
- E : demanda de carga do mercado externo (m);
- F : frete rodoviário entre as cidades produtoras (i) e os terminais de transbordo ferroviário (j);
- H : frete rodoviário entre as cidades produtoras (i) e os terminais de transbordo hidroviário (l);
- G : frete rodoviário entre as cidades produtoras (i) e os portos (k);
- O : frete ferroviário entre os terminais de transbordo ferroviário (j) e os portos (k);
- P : frete hidroviário entre os terminais de transbordo hidroviário (l) e os portos (k);
- N : frete marítimo entre os portos (k) e o destino final (m).

Variáveis:

- X : quantidade de carga transportada entre as origens (i) e os terminais de transbordo ferroviário (j);
- Y : quantidade de carga transportada entre as origens (i) e os portos (k);
- Z : quantidade de carga transportada entre as origens (i) e os terminais de transbordo hidroviário (l);
- W : quantidade de carga transportada entre os terminais de transbordo ferroviário (j) e os portos (k);
- V : quantidade de carga transportada entre os terminais de transbordo hidroviário (l) e os portos (k);
- U : quantidade de carga transportada entre os portos (k) e o destino final (m);
- $SIN = \begin{cases} 1, & \text{se o terminal deve ser construído em Sinop (MT).} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$
- $LUC = \begin{cases} 1, & \text{se o terminal deve ser construído em Lucas do Rio Verde (MT).} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$
- $COL = \begin{cases} 1, & \text{se o terminal deve ser construído em Colíder (MT).} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$
- $PEI = \begin{cases} 1, & \text{se o terminal deve ser construído em Peixoto Azevedo (MT).} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$
- R : custo total de transporte de grãos do Mato Grosso.

DADOS E INFRAESTRUTURAS CONSIDERADOS

- Produção municipal de soja e milho (IBGE, 2015);
- Infraestrutura multimodal existente:
 - Terminal Rodoferroviário de Rondonópolis (MT);
 - Terminal Rodoferroviário de Araguari (MG);
 - Terminal Rodohidroviário de Porto Velho (RO);
 - Terminal Rodohidroviário de Itaituba (PA).
- Infraestrutura portuária (MDIC, 2015):
 - Porto de Santos (SP);
 - Porto de Vitória (ES);
 - Porto de Itacoatiara (AM);
 - Porto de Barcarena (PA);
 - Porto de Santarém (PA);
 - Porto de São Luís (MA);
 - Porto de Paranaguá (PR) - *portos da região sul*;
 - Porto de Aracaju (SE).



DADOS E INFRAESTRUTURAS CONSIDERADOS



Frete rodoviários (SIFRECA, 2015):

- Distância rodoviária maior do que 500 km: modelo de regressão linear -> $F_r = 0,11 * distrod + 20,535$
- Distância rodoviária menor do que 500 km: modelo de regressão log-log -> $F_r = e^{0,084} * distrod^{0,6798}$

Fretes ferroviários:

- Desconto de 20% no valor do frete rodoviário para a mesma OD

Fretes hidroviários:

- Desconto de 65% no valor do frete rodoviário para a mesma OD

Fretes marítimos:

- Modelo de regressão linear para estimativa dos fretes -> $F_m = 0,0006 * dist + 16,82$

Distâncias rodoviárias: Guia Quatro Rodas (2017);

Distância marítima: *Sea-Distance* (2017).

DADOS E INFRAESTRUTURAS CONSIDERADOS

Cenário 01:

- “Real” 2015, sem Ferrogrão;

Cenário 02:

- “Real” 2015, com Ferrogrão;

Cenário 03:

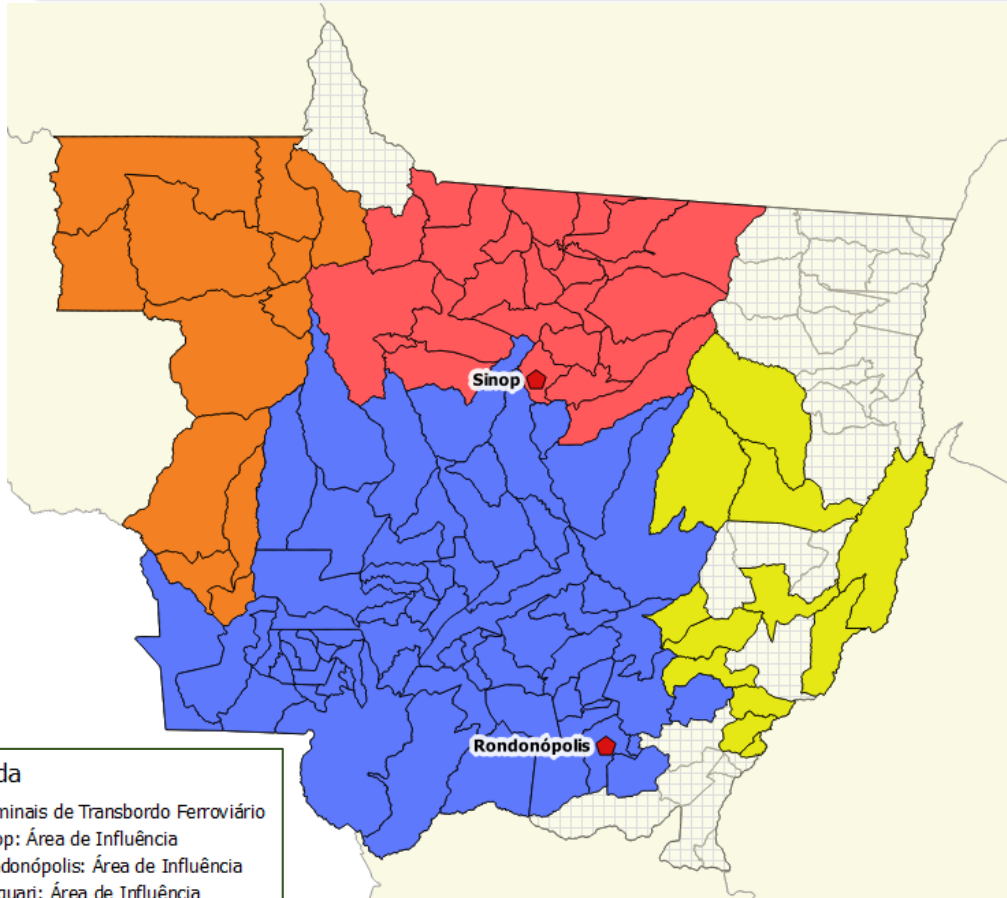
- Sem restrição de capacidade portuária e com Ferrogrão;

Cenário 04:

- Sem restrição de capacidade portuária, sem restrição de capacidade nos terminais e com Ferrogrão;

RESULTADOS

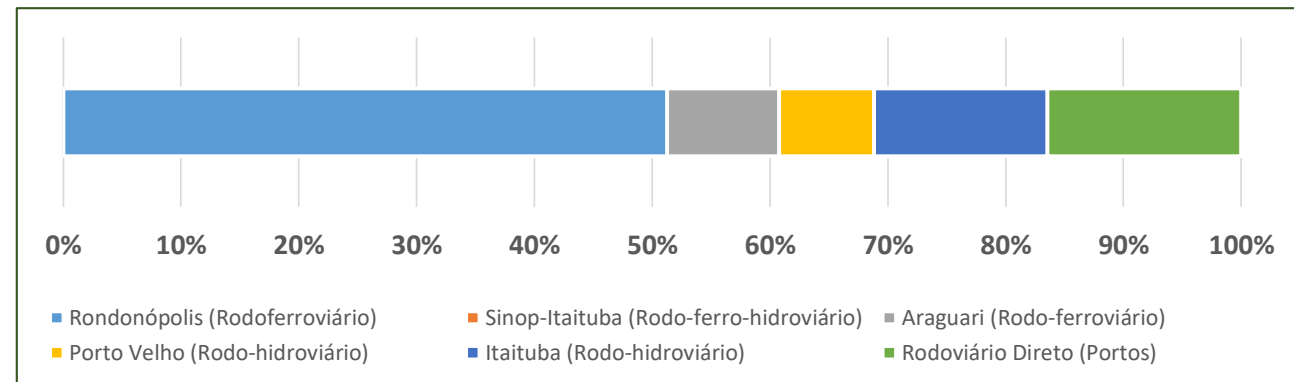
Cenário 01



Legenda

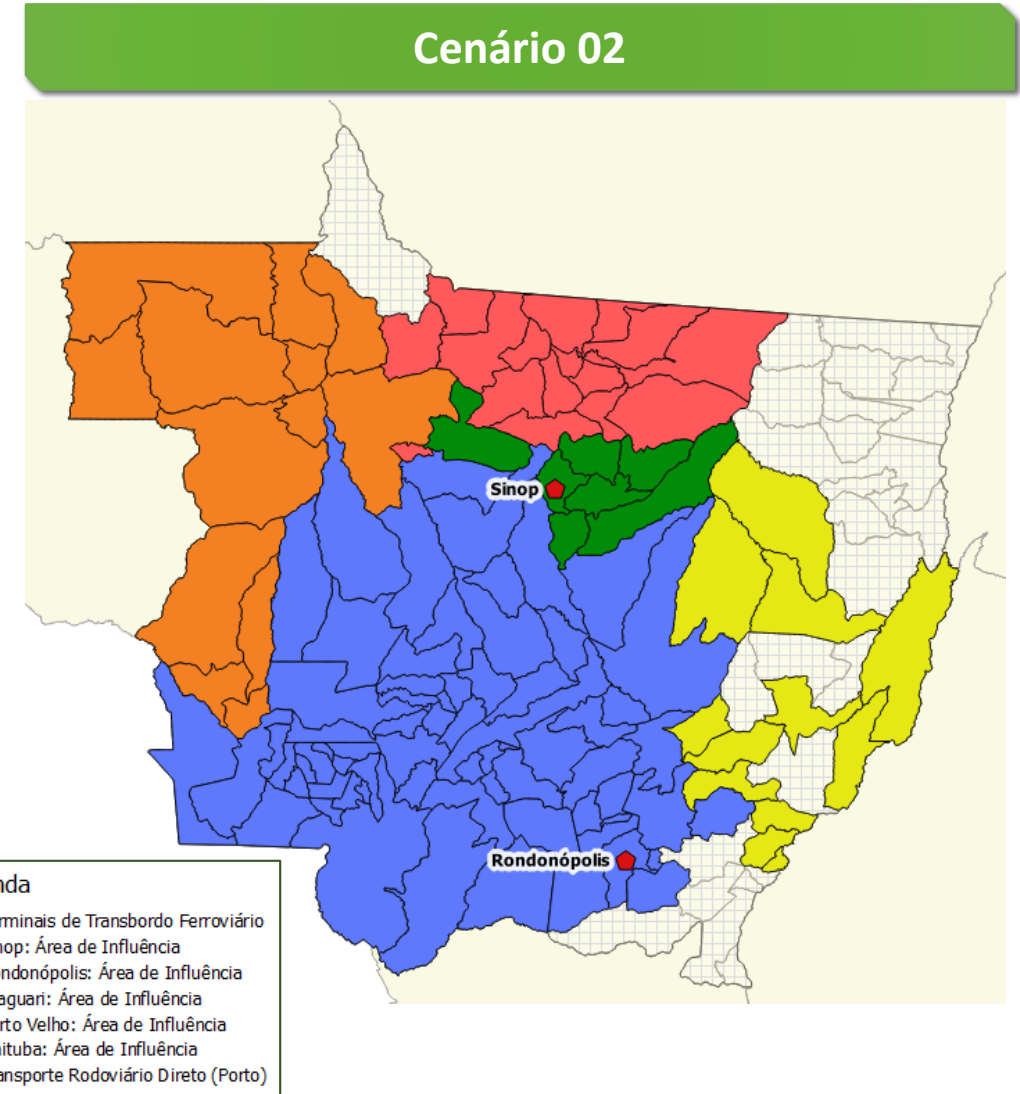
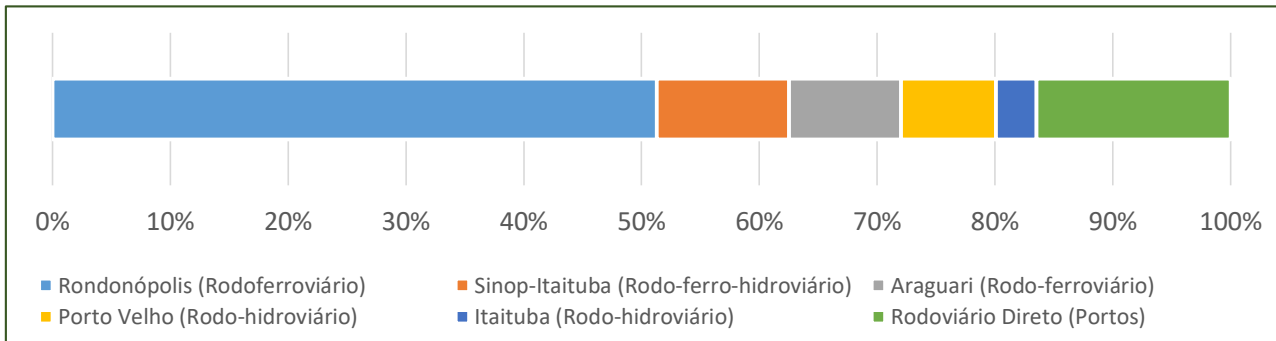
- ◆ Terminais de Transbordo Ferroviário
- Sinop: Área de Influência
- Rondonópolis: Área de Influência
- Araguari: Área de Influência
- Porto Velho: Área de Influência
- Itaituba: Área de Influência
- Transporte Rodoviário Direto (Porto)

- **Custo de transporte MT: R\$ 297,39/t;**
- **Principais fluxos:**
 - Rondonópolis (14,8 milhões de toneladas);
 - Rodoviário Direto (4,7 milhões de toneladas);
 - Itaituba (4,2 milhões de toneladas).
- **Mercado externo:**
 - Ásia: Aracaju, Itacoatiara, Santarém (80,4%), Santos, Paranaguá e Vitória;
 - Europa: Barcarena, Santarém (19,6%) e São Luis.



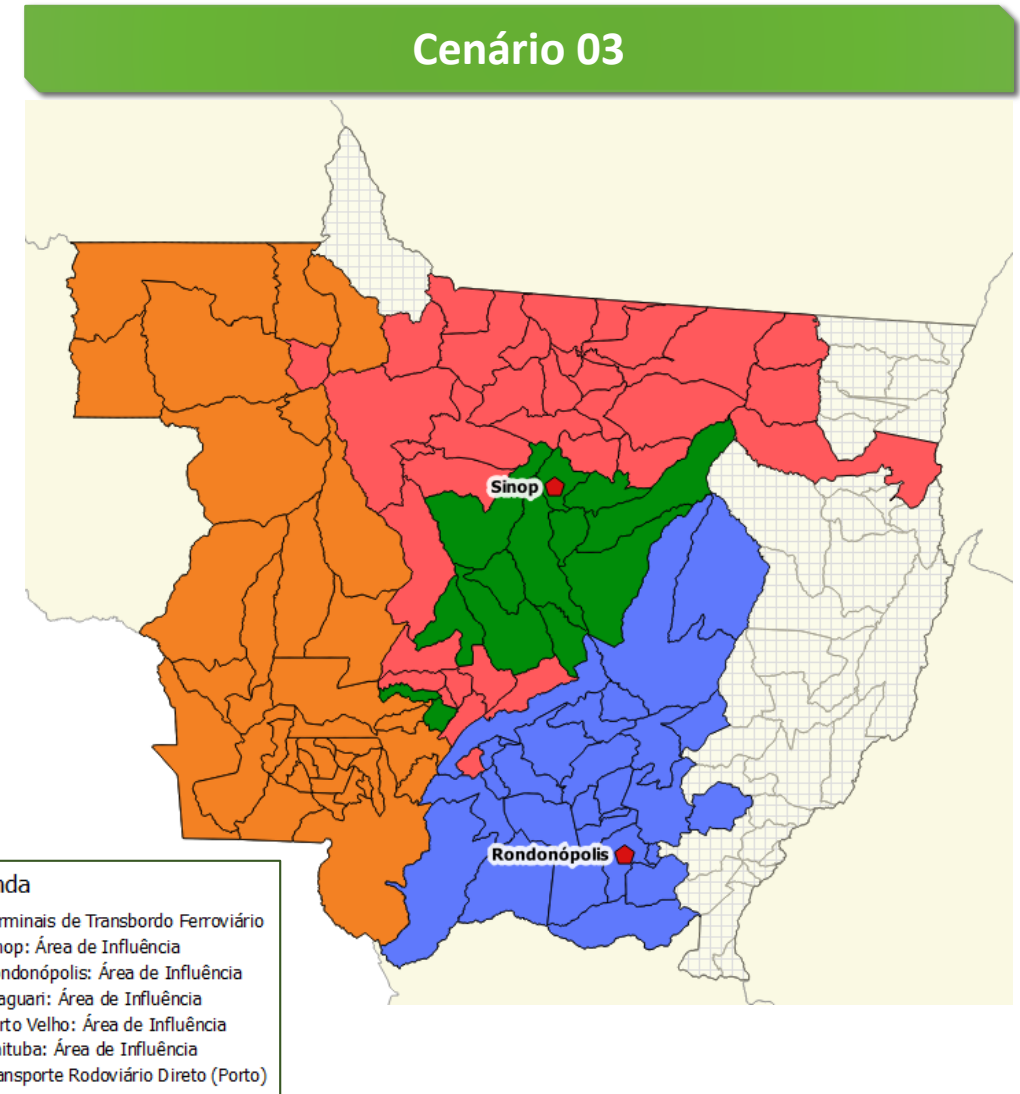
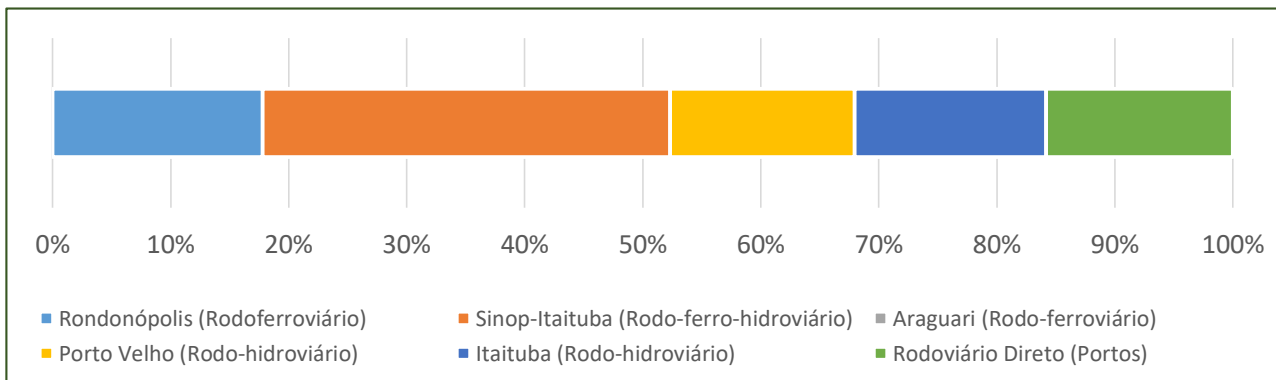
RESULTADOS

- Custo de transporte MT: R\$ 296,10/t;
- Principais fluxos:
 - Rondonópolis (14,8 milhões de toneladas);
 - Rodoviário Direto (4,7 milhões de toneladas);
 - Sinop-Itaituba (3,2 milhões de toneladas).
- Mercado externo:
 - Ásia: Aracaju, Itacoatiara, Santarém (80,4%), Santos, Paranaguá e Vitória;
 - Europa: Barcarena, Santarém (19,6%) e São Luis.



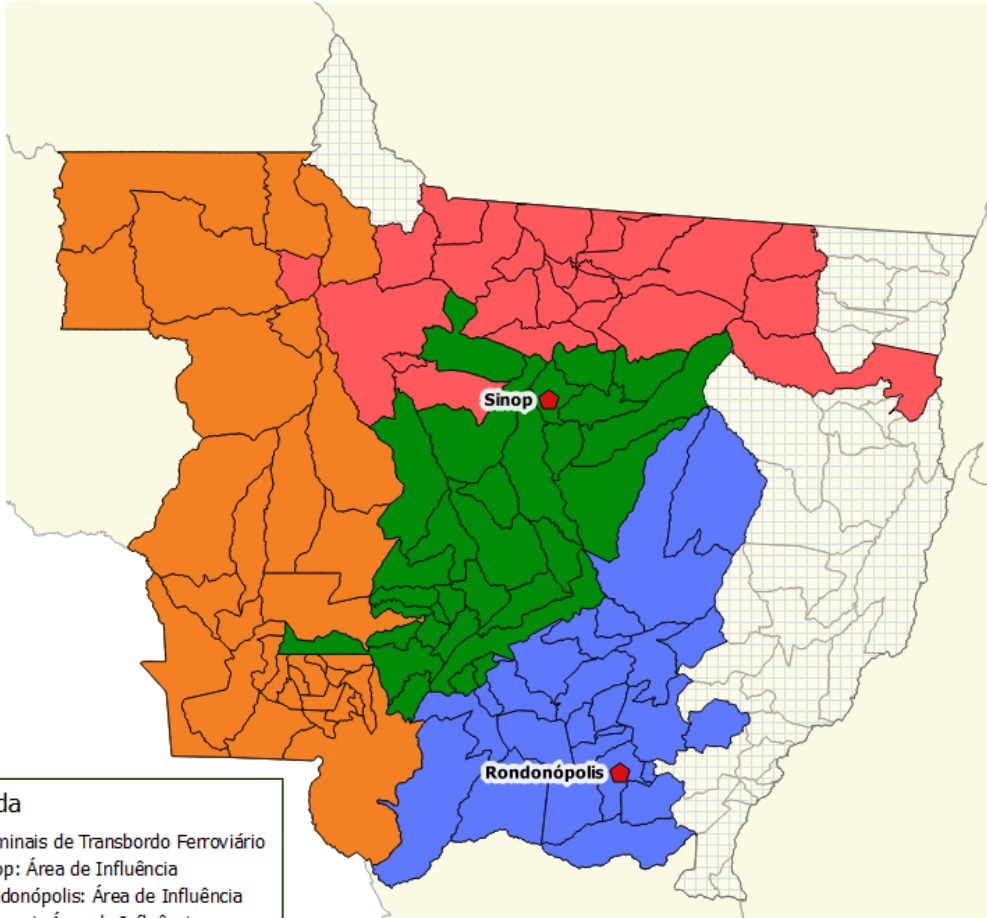
RESULTADOS

- Custo de transporte MT: R\$ 259,05/t;
- Principais fluxos:
 - Sinop-Itaituba (10 milhões de toneladas);
 - Rondonópolis (5,1 milhões de toneladas);
 - Itaituba (4,7 milhões de toneladas).
- Mercado externo:
 - Ásia: Aracaju, Itacoatiara, Santarém (83,5%) e Santos;
 - Europa: Barcarena e Santarém (16,5%).



RESULTADOS

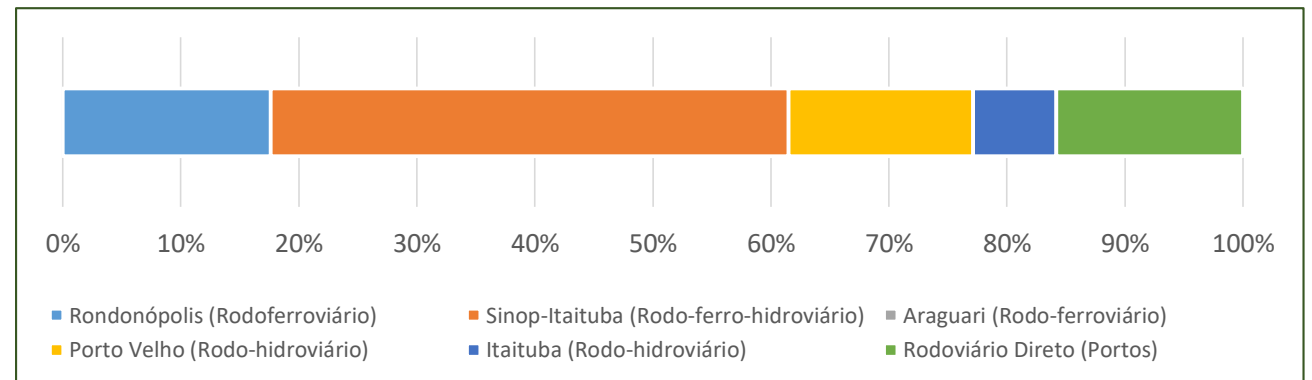
Cenário 04



Legenda

- Terminais de Transbordo Ferroviário
- Sinop: Área de Influência
- Rondonópolis: Área de Influência
- Araguari: Área de Influência
- Porto Velho: Área de Influência
- Itaituba: Área de Influência
- Transporte Rodoviário Direto (Porto)

- Custo de transporte MT: R\$ 258,58/t;
- Principais fluxos:
 - Sinop-Itaituba (12,7 milhões de toneladas);
 - Rondonópolis (5,1 milhões de toneladas);
 - Porto Velho (4,5 milhões de toneladas).
- Mercado externo:
 - Ásia: Barcarena, Itacoatiara, Santarém (70,8%) e Santos;
 - Europa: Santarém (29,2%).



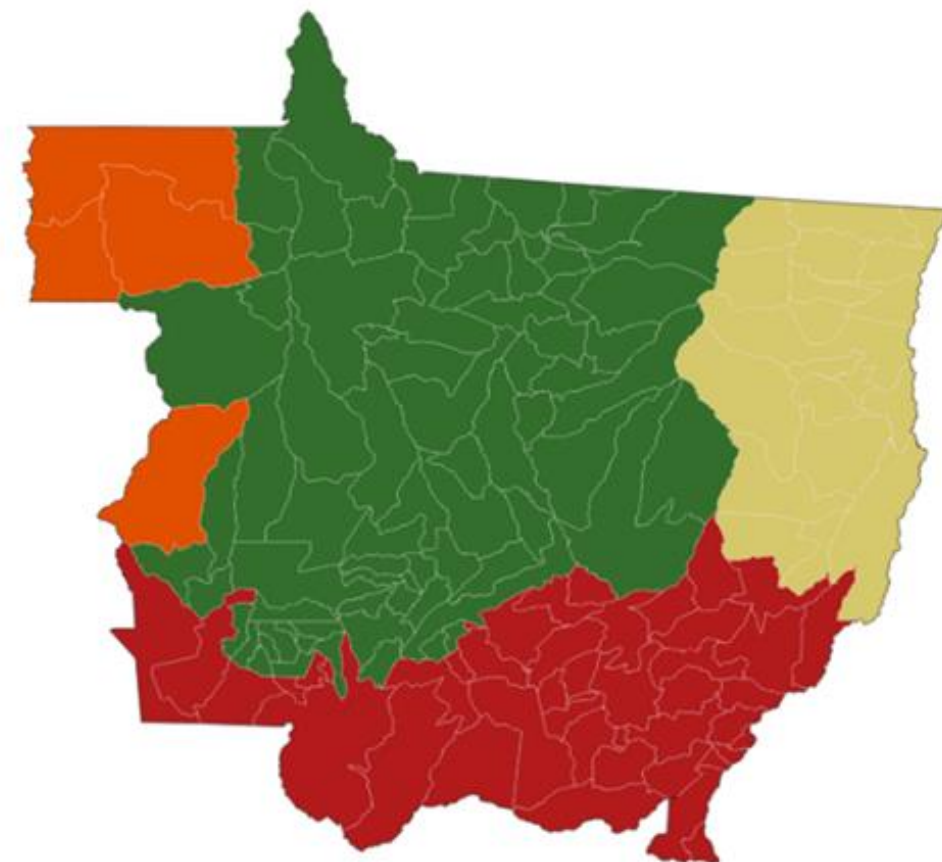
Ferrogrão:

- Local para a construção do terminal de transbordo: **Sinop (MT)**;
- Área de influência: **região central do MT (=12,7 milhões de toneladas de grãos em 2015)**;
- Região com **potencial de expansão para a produção de grãos**;
- Dependência da **capacidade de exportação dos portos do Arco Norte**;
- Impacto significativo na **redução dos custos de transporte (redução de 13% no custo médio do MT)**.

CONCLUSÕES

Ferrogrão:

- Redução das emissões de CO₂ no transporte de grãos.



Solução Logística

- Exportação via Barcarena (PA), com a utilização da Ferrovia Paraense
- Exportação via Itacoatiara (AM), com a utilização do transporte rodohidroviário por Porto Velho (RO)
- Exportação via Santarém (PA), com a utilização do transporte rodohidroviário por Itaituba (PA)
- Exportação via Santarém (PA), com a utilização da Ferrogrão
- Exportação via Santos (SP), com a utilização do transporte rodoferroviário por Rondonópolis (MT)
- Exportação via Santos (SP), com a utilização do modal rodoviário

ROCHA, JOÃO E CAIXETA FILHO (2018). PRECIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE GÁS CARBÔNICO DO TRANSPORTE DE GRÃOS: IMPACTOS NA COMPETITIVIDADE DAS SOLUÇÕES MULTIMODAIS. XXI SEMEAD - Seminários em Administração. FEA/USP. São Paulo (SP).

OBRIGADO!

FERNANDO VINÍCIUS DA ROCHA
fernando.vinicius.rocha@usp.br

Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG)