



**“Transformando um distrito industrial em  
Parque Industrial Ecológico: uma proposta  
metodológica”**

**Autores: Cibelle Pereira Trama**

**Alessandra Magrini**

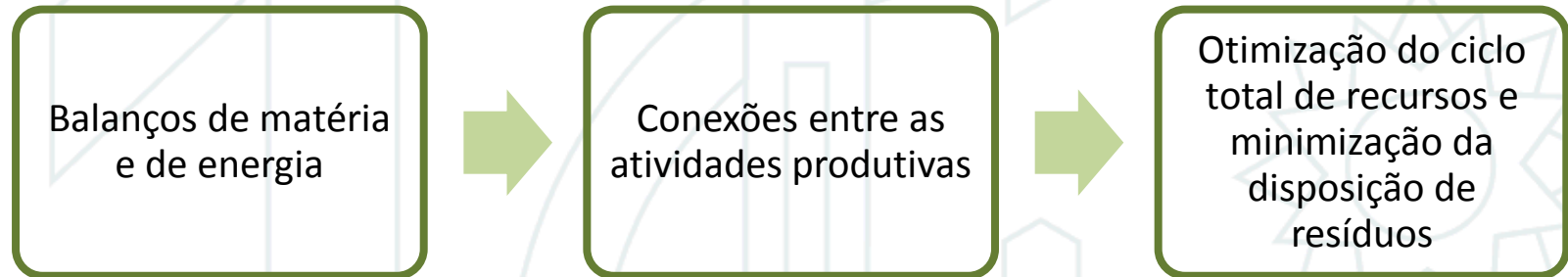
Programa de Planejamento Energético – COPPE/UFRJ

## Apresentação

1. EI e os principais instrumentos: SI e PIE
2. Contexto atual
3. Objetivo
4. A proposta metodológica
5. Estudo de caso: o DI de Vespasiano (MG)
6. Considerações finais

## 1. EI e os principais instrumentos: SI e PIE

**Ecologia Industrial:** como um “ecossistema industrial” pode se “fechar”?



**Principais instrumentos da EI:**

**Simbiose Industrial (SI):** ênfase no intercâmbio físico de matéria, energia, água e subprodutos para o alcance de vantagens competitivas.

**Parque Industrial Ecológico (PIE):** comunidade de indústrias e serviços cujos membros buscam melhorar o desempenho ambiental, econômico e social através da colaboração na gestão ambiental e de recursos naturais.

## 2. Contexto atual

### ➤ Esfera internacional:

- Há iniciativas de PIE e SI na América, Europa e Ásia, impulsionadas após o sucesso da implantação da SI na cidade de Kalundborg (Dinamarca) nos anos 70.

### ➤ Brasil:

- Não há PIEs;
- Há iniciativas de SI em alguns estados do país, como Minas Gerais (MG), Alagoas (AL) e Rio Grande do Sul (RS);

LINCA/ PPE



### Estudos desenvolvidos:

- a revisão do **Zoneamento Industrial** da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (Magrini e Masson, 2005);
- a metodologia para a **conversão de áreas não ocupadas em PIEs** (Veiga, 2007);
- a metodologia para a **conversão de DIs, em funcionamento, em PIEs** (Trama, 2016).

### 3. Objetivo

- Apresentar a proposta metodológica de Trama (2016) para a conversão de um Distrito Industrial em Parque Industrial Ecológico;
- Validar a metodologia proposta através do estudo realizado no DI do Município de Vespasiano (MG).

## 4. A proposta metodológica

**Etapa 1:** Potencial de um DI para ser transformado em PIE – cálculo do grau de potencialidade “s” do DI

**Etapa 2:** Proposição de cenários para a conversão do DI em PIE

### Etapa 1: calculando o potencial do DI para ser transformado em PIE

(a) Aplicação dos critérios e cálculo do *grau de transformação “g”*

(b) Cálculo do *potencial máximo* do DI

(c) Cálculo do *potencial real* do DI

(d) Cálculo do *grau de potencialidade “s”* do DI

## 4. A proposta metodológica

### Critérios analisados no cálculo do potencial do DI para ser transformado em PIE

| Dimensões        | Critérios   | Grau de importância ( $h_i$ ) | Peso relativo ( $r_i$ ) |
|------------------|---|-------------------------------|-------------------------|
| Relacionamento   | A: atores envolvidos                              | → $h_1 = 10$                  | $r_1 = 0,1205$          |
|                  | B: fontes de financiamento                        | $h_2 = 8$                     | $r_2 = 0,0963$          |
|                  | C: relação de troca e/ou venda                    | → $h_3 = 10$                  | $r_3 = 0,1205$          |
| Infraestrutura   | D: infraestrutura viária e serviços de transporte | → $h_4 = 5$                   | $r_4 = 0,0604$          |
|                  | E: serviços de uso comum                          | $h_5 = 9$                     | $r_5 = 0,1085$          |
| Sustentabilidade | F: Sistema de Gestão Ambiental                    | $h_6 = 7$                     | $r_6 = 0,0844$          |
|                  | G: certificação ambiental                         | $h_7 = 8$                     | $r_7 = 0,0963$          |
|                  | H: gestão de resíduos sólidos                     | → $h_8 = 10$                  | $r_8 = 0,1205$          |
|                  | I: gestão dos efluentes líquidos industriais      | $h_9 = 8$                     | $r_9 = 0,0963$          |
|                  | J: eficiência energética                          | $h_{10} = 8$                  | $r_{10} = 0,0963$       |

➤ **Aplicação dos critérios:** levantamento de dados e informações acerca das indústrias investigadas através do setor privado e/ou público

➤ **Cálculo do grau de transformação "g"**

→ {  
 "1", no caso da indústria não atender ao respectivo critério;  
 "2", para a indústria que atender parcialmente o respectivo critério;  
 "3", no caso da indústria que atender de modo integral o respectivo critério.

## 4. A proposta metodológica

Relembrando a Etapa 1...

(a) Aplicação dos critérios e cálculo do grau de transformação "g"

(b) Cálculo do potencial máximo do DI

(c) Cálculo do potencial real do DI

(d) Cálculo do grau de potencialidade "s" do DI

Potencial máximo " $P_{\max}$ " do DI

$$P_{\max} = \left[ \sum_{t=1}^{10} (g_{t\max} \times r_t) \right] \times n$$



$$P_{\max} = 3n$$

Potencial real " $P_{\text{real}}$ " do DI

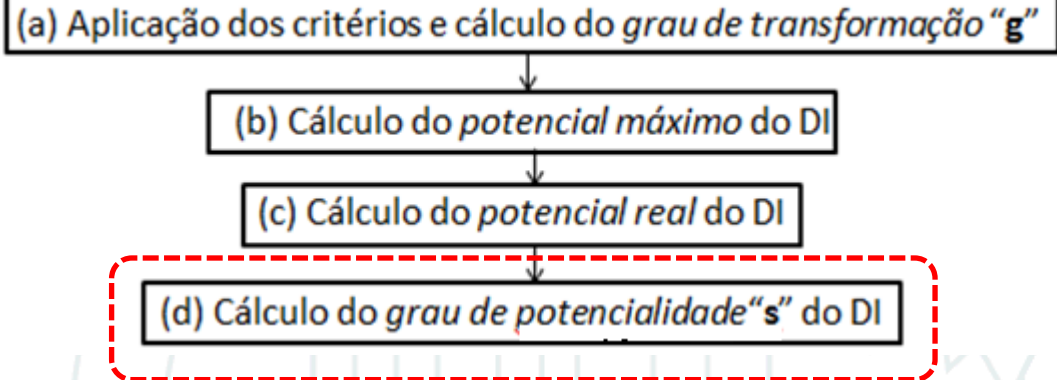
Para cada indústria:  $P_{\text{real } i} = \left[ \sum_{t=1}^{10} (g_{t\text{real}} \times r_t) \right]$

$P_{\text{real}}$  do DI:  $P_{\text{real}} = \left[ \sum_{i=1}^n P_{\text{real } i} \right]$



## 4. A proposta metodológica

Relembrando Etapa 1...



Grau de potencialidade "s":  $s = [P_{\text{real}} / P_{\text{max}}] \times 100$

| Grau de potencialidade (s) | Potencial para conversão de DI em PIE |
|----------------------------|---------------------------------------|
| $s < 30\%$                 | Inexistente                           |
| $30\% \leq s < 50\%$       | Pequeno                               |
| $50\% \leq s < 70\%$       | Regular                               |
| $70\% \leq s < 90\%$       | Bom                                   |
| $s \geq 90\%$              | Ótimo                                 |

## 4. A proposta metodológica

### Etapa 2: elaborando os cenários e as respectivas matrizes de sinergia

#### ➤ **Cenário 1: Cenário Teórico**

1. Identificação dos processos industriais
2. Composição da Matriz Teórica de Sinergia (todas as indústrias do DI)

**Há sinergia possível na Matriz Teórica de Sinergia do DI?**

**SIM**



#### ➤ **Cenário 2: Cenário Real**

1. Composição da Matriz Real de Sinergia
2. Convenção e gestão do PIE

**NÃO**



#### ➤ **Cenário 3: Expansão da SI para o município**

1. Identificação dos processos industriais externos ao DI
2. Composição da nova Matriz Teórica de Sinergia
3. Análise e consolidação das possíveis sinergias indicadas pela nova matriz

**Após a conversão do distrito industrial em PIE, deseja-se aumentar a SI no PIE?**

**SIM**



#### ➤ **Cenário 4: Inclusão de novas indústrias no DI**

1. Verificar a existência e a dimensão de lotes vazios no DI
2. Buscar segmentos industriais que potencializem a SI no PIE
3. Inclusão desses segmentos na Matriz Teórica de Sinergia

## 5. Estudo de caso: o DI de Vespasiano (MG)

- Aplicação da metodologia proposta no **DI José Vieira de Mendonça** (localizado no Município de Vespasiano, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG)).

### ➤ Resultados obtidos da Etapa 1:

**Grau de transformação real (" $g_{real}$ "), potencial máximo (" $P_{max i}$ ") e potencial real (" $P_{real i}$ ") dos empreendimentos do DI de Vespasiano**

| Empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça | Critérios para a conversão do DI em PIE/ $g_{real}$ |            |            |            |            |            |            |            |            |               | Potencial máximo<br>$P_{max i}$ | Potencial real<br>$P_{real i}$ |        |
|---|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|--------|
|   | A<br>$g_1$  | B<br>$g_2$ | C<br>$g_3$ | D<br>$g_4$ | E<br>$g_5$ | F<br>$g_6$ | G<br>$g_7$ | H<br>$g_8$ | I<br>$g_9$ | J<br>$g_{10}$ |                                 |                                |        |
| Belgo Mineira                                 | 2   | 1          | 1          | 3          | 1          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3             | 3                               | 3                              | 2,2289 |
| Bucyrus                                       | 2   | 1          | 1          | 3          | 1          | 3          | 1          | 3          | 3          | 1             | 3                               | 3                              | 1,8437 |
| Delp  | 2   | 1          | 1          | 3          | 1          | 2          | 1          | 3          | 2          | 1             | 3                               | 3                              | 1,6630 |
| Hermes Pardini                                | 2   | 1          | 3          | 3          | 2          | 3          | 1          | 3          | 3          | 1             | 3                               | 3                              | 2,1932 |
| Sandvik                                       | 2   | 1          | 3          | 3          | 1          | 3          | 1          | 3          | 3          | 3             | 3                               | 3                              | 2,2773 |
| Semeato                                       | 2   | 1          | 1          | 3          | 1          | 2          | 1          | 3          | 2          | 2             | 3                               | 3                              | 1,7593 |
| Stepan  | 2   | 3          | 3          | 3          | 2          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3             | 3                               | 3                              | 2,7710 |
| Tecnometal                                    | 2   | 2          | 1          | 3          | 1          | 2          | 1          | 3          | 2          | 1             | 3                               | 3                              | 1,7593 |

## 5. Estudo de caso: o DI de Vespasiano (MG)

➤ Resultados obtidos da Etapa 1:

$$P_{\max} = 24$$

$$P_{\text{real}} = 16,49$$

$$s = 68,73\%$$



Potencial regular

➤ Resultados obtidos da Etapa 2:

**Cenário 1: Teórico - Matriz Teórica de Sinergia para o DI de Vespasiano**

| Empreendimentos | Resíduos produzidos |   |   |   |     |   |   |     |     |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    |    |
|-----------------|---------------------|---|---|---|-----|---|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|
|                 | 1                   | 2 | 3 | 4 | 5   | 6 | 7 | 8   | 9   | 10  | 11 | 12  | 13  | 14 | 15  | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Belgo Mineira   |                     |   |   |   | P   |   | P | P   | P/R | P   | P  |     | P/R | P  | R   |    |    |    |    | P  |
| Bucyrus         |                     |   | P |   | P   | P |   | P/R | P   | R   |    |     | P   | P  | P   |    |    |    |    | P  |
| Delp            |                     |   | P |   | P/R |   | P | R   | P   | R   |    | P   | P   | P  | P   | P  |    |    |    |    |
| Hermes Pardini  | R                   | R |   | R |     |   |   |     | P/R | R   |    | P/R | P/R | P  |     |    |    |    |    |    |
| Sandvik         |                     |   | R |   | P   |   | P | P/R | P   | R   |    |     | P   | P  | P   |    |    |    | P  | P  |
| Semeato         |                     |   |   |   | P/R |   |   | P   | P   |     |    |     | P   |    |     |    | P  | P  |    |    |
| Stepan          | P                   |   |   | P | P   |   | P |     | P   | P   |    | P   | P   | P  |     | P  |    |    |    |    |
| Tecnometal      |                     |   | P |   | P   | P |   |     | P   | P/R |    |     | P   | P  | P/R | P  |    | P  | P  | P  |

Legenda: P – Produtor de resíduos; R – Possível receptor de resíduos; P / R – Produtor e possível receptor de resíduos; 1 – Ácidos; 2 – Bases; 3 – Borrás de tinta; 4 – Catalisadores; 5 – Sucata metálica; 6 – Lodo da fossa séptica; 7 – Lodo de estação de tratamento; 8 – Óleos lubrificantes; 9 – Plásticos; 10 – Solventes; 11 – Torta de filtro; 12 – Vidro; 13 – Papel/papelão; 14 – Lâmpadas; 15 – Madeira; 16 – Resíduo oleoso; 17 – Escória; 18 – Sucata elétrica; 19 – Resíduos orgânicos; 20 – EPI (Equipamento de Proteção Individual).

## 5. Estudo de caso: o DI de Vespasiano (MG)

### ➤ Resultados obtidos da Etapa 2:

#### Cenário 2: Real - Matriz Real de Sinergia para o DI de Vespasiano

| Empreendimentos | Resíduos produzidos |   |   |   |   |   |   |     |     |    |    |     |     |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
|                 | 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8   | 9   | 10 | 11 | 12  | 13  | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Belgo Mineira   |                     |   |   |   | P |   | P | P   | P/R | P  | P  |     | P/R | P  | R  |    |    |    |    | P  |
| Hermes Pardini  | R                   | R |   | R |   |   |   |     | P/R | R  |    | P/R | P/R | P  |    |    |    |    |    |    |
| Sandvik         |                     |   | R |   | P |   | P | P/R | P   | R  |    |     | P   | P  | P  |    |    | P  | P  |    |
| Stepan          | P                   |   |   | P | P |   | P |     | P   | P  |    | P   | P   | P  |    | P  |    |    |    |    |

Legenda: P – Produtor de resíduos; R – Possível receptor de resíduos; P / R – Produtor e possível receptor de resíduos; 1 – Ácidos; 2 – Bases; 3 – Borrás de tinta; 4 – Catalisadores; 5 – Sucata metálica; 6 – Lodo da fossa séptica; 7 – Lodo de estação de tratamento; 8 – Óleos lubrificantes; 9 – Plásticos; 10 – Solventes; 11 – Torta de filtro; 12 – Vidro; 13 – Papel/papelão; 14 – Lâmpadas; 15 – Madeira; 16 – Resíduo oleoso; 17 – Escória; 18 – Sucata elétrica; 19 – Resíduos orgânicos; 20 – EPI (Equipamento de Proteção Individual).

## 5. Estudo de caso: o DI de Vespasiano (MG)

### ➤ Resultados obtidos da Etapa 2:

#### Cenário 3: Expansão para o Município de Vespasiano - Matriz Teórica de Sinergia

| Empreendimentos     | Resíduos produzidos |   |   |   |            |   |          |          |          |     |    |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |
|---------------------|---------------------|---|---|---|------------|---|----------|----------|----------|-----|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
|                     | 1                   | 2 | 3 | 4 | 5          | 6 | 7        | 8        | 9        | 10  | 11 | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19         | 20         |            |
| Belgo Mineira       |                     |   |   |   | P          |   | P        | P        | P/R      | P   | P  |          | P/R      | P        | R        |          |          |          |            | P          |            |
| Bucyrus             |                     |   | P |   | P          | P |          | P/R      | P        | R   |    |          | P        | P        | P        |          |          |          | P          |            |            |
| <b>Cimentos Liz</b> |                     |   |   |   | <b>P</b>   |   | <b>R</b> | <b>P</b> |          |     |    | <b>R</b> |          | <b>P</b> | <b>P</b> | <b>P</b> | <b>R</b> | <b>R</b> |            | <b>P/R</b> | <b>P/R</b> |
| Delp                |                     |   | P |   | <b>P/R</b> |   | P        | R        | P        | R   |    | P        | P        | P        | P        | P        | P        |          |            |            |            |
| Hermes Pardini      | R                   | R |   | R |            |   |          |          | P/R      | R   |    | P/R      | P/R      | P        |          |          |          |          |            |            |            |
| Sandvik             |                     |   | R |   | P          |   | P        | P/R      | P        | R   |    |          | P        | P        | P        |          |          |          | P          | P          |            |
| <b>SEM</b>          |                     |   |   |   | <b>P</b>   |   |          | <b>P</b> | <b>P</b> |     |    | <b>P</b> | <b>P</b> |          |          |          |          |          | <b>P/R</b> |            | <b>P</b>   |
| Semeato             |                     |   |   |   | <b>P/R</b> |   |          | P        | P        |     |    |          | P        |          |          | P        | P        |          |            |            |            |
| Stepan              | P                   |   |   | P | P          |   | P        |          | P        | P   |    | P        | P        | P        |          | P        |          |          |            |            |            |
| Tecnometal          |                     |   | P |   | P          | P |          |          | P        | P/R |    |          | P        | P        | P/R      | P        |          | P        | P          | P          |            |
| <b>Topfilme</b>     |                     |   |   |   |            |   |          |          | <b>P</b> |     |    |          | <b>P</b> |          |          | <b>R</b> |          |          |            |            |            |

Legenda: P – Produtor de resíduos; R – Possível receptor de resíduos; P / R – Produtor e possível receptor de resíduos; 1 – Ácidos; 2 – Bases; 3 – Borrás de tinta; 4 – Catalisadores; 5 – Sucata metálica; 6 – Lodo da fossa séptica; 7 – Lodo de estação de tratamento; 8 – Óleos lubrificantes; 9 – Plásticos; 10 – Solventes; 11 – Torta de filtro; 12 – Vidro; 13 – Papel/papelão; 14 – Lâmpadas; 15 – Madeira; 16 – Resíduo oleoso; 17 – Escória; 18 – Sucata elétrica; 19 – Resíduos orgânicos; 20 – EPI (Equipamento de Proteção Individual).

## 6. Considerações finais

- A **EI** pode proporcionar benefícios nas esferas ambiental, social e econômica.
- A **SI** e o **PIE** contribuem para o desenvolvimento de modelos de produção sustentáveis.
- Neste sentido, **a proposta metodológica para a conversão de um DI em PIE ganha particular importância.**
- Na **primeira etapa**, são analisados critérios referentes aos aspectos econômicos, sociais e ambientais das indústrias do DI, possibilitando uma avaliação do potencial desses empreendimentos para compor um PIE.
- Na **segunda etapa**, são propostos cenários para a conversão do DI em PIE, conforme as possíveis trocas simbióticas, viabilizando o contato e a cooperação entre os integrantes do PIE, direcionados, a princípio, pelos empreendimentos da Matriz Real de Sinergia.
- O **DI de Vespasiano** apresenta um potencial regular para ser convertido em PIE.
- Por fim, a metodologia proposta é capaz de direcionar regiões, estados e países, especialmente aqueles onde ainda predomina a operação dos DIs, a **implantar a cultura da EI e construir comunidades industriais mais sustentáveis.**

**Obrigada!**

*E-mail: [cibelle.trama@gmail.com](mailto:cibelle.trama@gmail.com)*