

**Engenharia Florestal - ESALQ - USP**

**LCF1680 Manejo e Regeneração de Povoamentos  
Florestais**

**Profa. Luciana Duque Silva**

Aula sobre

# Índice de Sítio

by João L. F. Batista (batista.jlf@usp.br)

on agosto de 2025

## » Sumário

### I. Conceitos:

## » Sumário

### I. Conceitos:

- Sítio

## » Sumário

### I. Conceitos:

- Sítio
- Índice de Sítio

## » Sumário

### I. Conceitos:

- Sítio
- Índice de Sítio
- Curvas de Sítio

## » Sumário

### I. Conceitos:

- Sítio
- Índice de Sítio
- Curvas de Sítio

### II. Métodos de Construção:

## » Sumário

### I. Conceitos:

- Sítio
- Índice de Sítio
- Curvas de Sítio

### II. Métodos de Construção:

- Método da Curva Guia

## » Sumário

### I. Conceitos:

- Sítio
- Índice de Sítio
- Curvas de Sítio

### II. Métodos de Construção:

- Método da Curva Guia
- Método da Equação da Diferença



## » Sumário

### I. Conceitos:

- Sítio
- Índice de Sítio
- Curvas de Sítio

### II. Métodos de Construção:

- Método da Curva Guia
- Método da Equação da Diferença

Slideshow e exercícios disponíveis em:

**Site:** <http://insilvaarbores.com.br>

## » Sumário

### I. Conceitos:

- Sítio
- Índice de Sítio
- Curvas de Sítio

### II. Métodos de Construção:

- Método da Curva Guia
- Método da Equação da Diferença

Slideshow e exercícios disponíveis em:

**Site:** <http://insilvaarbores.com.br>

**Menu:** Cursos e Disciplinas > Disciplinas > LCF1680

## » Conceito de Sítio

O que é?

- Sítio = Local

## » Conceito de Sítio

O que é?

- Sítio = Local
- capacidade de um dado local de sustentar o crescimento das árvores.

## » Conceito de Sítio

### O que é?

- Sítio = Local
- capacidade de um dado local de sustentar o crescimento das árvores.
- indica o potencial de produção do local

## » Conceito de Sítio

### O que é?

- Sítio = Local
- capacidade de um dado local de sustentar o crescimento das árvores.
- indica o potencial de produção do local
- resume/integra a ação de todos os fatores ambientais

## » Conceito de Sítio

### O que é?

- Sítio = Local
- capacidade de um dado local de sustentar o crescimento das árvores.
- indica o potencial de produção do local
- resume/integra a ação de todos os fatores ambientais
- depende da espécie arbórea: resposta fenotípica

## » Conceito de Sítio

### O que é?

- Sítio = Local
- capacidade de um dado local de sustentar o crescimento das árvores.
- indica o potencial de produção do local
- resume/integra a ação de todos os fatores ambientais
- depende da espécie arbórea: resposta fenotípica

### Atributo?



## » Conceito de Sítio

### O que é?

- Sítio = Local
- capacidade de um dado local de sustentar o crescimento das árvores.
- indica o potencial de produção do local
- resume/integra a ação de todos os fatores ambientais
- depende da espécie arbórea: resposta fenotípica

### Atributo?

- do local

## » Conceito de Sítio

### O que é?

- Sítio = Local
- capacidade de um dado local de sustentar o crescimento das árvores.
- indica o potencial de produção do local
- resume/integra a ação de todos os fatores ambientais
- depende da espécie arbórea: resposta fenotípica

### Atributo?

- do local
- do conjunto ou grupo de árvores no local

## » Conceito de Sítio

### O que é?

- Sítio = Local
- capacidade de um dado local de sustentar o crescimento das árvores.
- indica o potencial de produção do local
- resume/integra a ação de todos os fatores ambientais
- depende da espécie arbórea: resposta fenotípica

### Atributo?

- do local
- do conjunto ou grupo de árvores no local
- do *arvoredo*

## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço

## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço
- ***Heterogeneidade ambiental*** da floresta

## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço
- ***Heterogeneidade ambiental*** da floresta
- Influência do ambiente sobre a produção florestal

## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço
- ***Heterogeneidade ambiental*** da floresta
- Influência do ambiente sobre a produção florestal

### Qual Medida Representa o Sítio?

## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço
- ***Heterogeneidade ambiental*** da floresta
- Influência do ambiente sobre a produção florestal

### Qual Medida Representa o Sítio?

- produção de madeira do arvoredo ?



## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço
- ***Heterogeneidade ambiental*** da floresta
- Influência do ambiente sobre a produção florestal

### Qual Medida Representa o Sítio?

- produção de madeira do arvoredo ?
- biomassa arbórea do arvoredo ?

## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço
- ***Heterogeneidade ambiental*** da floresta
- Influência do ambiente sobre a produção florestal

### Qual Medida Representa o Sítio?

- produção de madeira do arvoredo ?
- biomassa arbórea do arvoredo ?
- área basal do arvoredo ?

## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço
- ***Heterogeneidade ambiental*** da floresta
- Influência do ambiente sobre a produção florestal

### Qual Medida Representa o Sítio?

- produção de madeira do arvoredo ?
- biomassa arbórea do arvoredo ?
- área basal do arvoredo ?
- DAP médio ?

## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço
- ***Heterogeneidade ambiental*** da floresta
- Influência do ambiente sobre a produção florestal

### Qual Medida Representa o Sítio?

- produção de madeira do arvoredado ?
- biomassa arbórea do arvoredado ?
- área basal do arvoredado ?
- DAP médio ?
- altura média ?

## » Conceito de Sítio

### Sítio no Espaço

- Caracterização do sítio no espaço
- ***Heterogeneidade ambiental*** da floresta
- Influência do ambiente sobre a produção florestal

### Qual Medida Representa o Sítio?

- produção de madeira do arvoredado ?
- biomassa arbórea do arvoredado ?
- área basal do arvoredado ?
- DAP médio ?
- altura média ?
- ***altura média das árvores dominantes*** ?

## » Conceito de Índice de Sítio

Altura Média das Árvore Dominantes:

## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio

## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.



## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.
- indica o potencial de crescimento

## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.
- indica o potencial de crescimento
- é pouco influenciada pela densidade de estande

## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.
- indica o potencial de crescimento
- é pouco influenciada pela densidade de estande
- *mas*, varia com a idade do arvoredo

## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.
- indica o potencial de crescimento
- é pouco influenciada pela densidade de estande
- *mas*, varia com a idade do arvoredor

### Idade Fixa

## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.
- indica o potencial de crescimento
- é pouco influenciada pela densidade de estande
- *mas*, varia com a idade do arvoredor

### Idade Fixa

- Se fixarmos a idade

## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.
- indica o potencial de crescimento
- é pouco influenciada pela densidade de estande
- *mas*, varia com a idade do arvoredo

### Idade Fixa

- Se fixarmos a idade
  - ⇒ a altura dominante passa a ser a medida do sítio

## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.
- indica o potencial de crescimento
- é pouco influenciada pela densidade de estande
- *mas*, varia com a idade do arvoredor

### Idade Fixa

- Se fixarmos a idade
  - ⇒ a altura dominante passa a ser a medida do sítio
  - ⇒ a medida é **SEMPRE** referente a uma idade fixa

## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.
- indica o potencial de crescimento
- é pouco influenciada pela densidade de estande
- *mas*, varia com a idade do arvoredo

### Idade Fixa

- Se fixarmos a idade
  - ⇒ a altura dominante passa a ser a medida do sítio
  - ⇒ a medida é **SEMPRE** referente a uma idade fixa
- Idade de Referência, Idade Índice ou Idade Base



## » Conceito de Índice de Sítio

### Altura Média das Árvores Dominantes:

- Uma forma de representação *quantitativa* do sítio
- Permite representar a variação ambiental de local para local.
- indica o potencial de crescimento
- é pouco influenciada pela densidade de estande
- *mas*, varia com a idade do arvoredo

### Idade Fixa

- Se fixarmos a idade
  - ⇒ a altura dominante passa a ser a medida do sítio
  - ⇒ a medida é **SEMPRE** referente a uma idade fixa
- Idade de Referência, Idade Índice ou Idade Base
  - ⇒  $HDOM = \underline{\text{ÍNDICE DE SÍTIO}}$

## » Definição de Índice de Sítio

O *índice de sítio* é a altura média das árvores dominantes de um arvoredo na *idade base*.

## » Definição de Índice de Sítio

O *índice de sítio* é a altura média das árvores dominantes de um arvoredo na *idade base*.

### Exemplos de Idade Base

## » Definição de Índice de Sítio

O *índice de sítio* é a altura média das árvores dominantes de um arvoredo na *idade base*.

### Exemplos de Idade Base

- Eucalipto:  $\approx 5$  anos

## » Definição de Índice de Sítio

O *índice de sítio* é a altura média das árvores dominantes de um arvoredo na *idade base*.

### Exemplos de Idade Base

- Eucalipto:  $\approx 5$  anos
- Pinus: entre 15 e 20 anos

## » Definição de Índice de Sítio

O *índice de sítio* é a altura média das árvores dominantes de um arvoredo na *idade base*.

### Exemplos de Idade Base

- Eucalipto:  $\approx 5$  anos
- Pinus: entre 15 e 20 anos
- Acácia  $\approx 5$  anos

## » Definição de Índice de Sítio

O *índice de sítio* é a altura média das árvores dominantes de um arvoredo na *idade base*.

### Exemplos de Idade Base

- Eucalipto:  $\approx 5$  anos
- Pinus: entre 15 e 20 anos
- Acácia  $\approx 5$  anos
- Paricá  $\approx 5$  anos

## » Definição de Índice de Sítio

O *índice de sítio* é a altura média das árvores dominantes de um arvoredo na *idade base*.

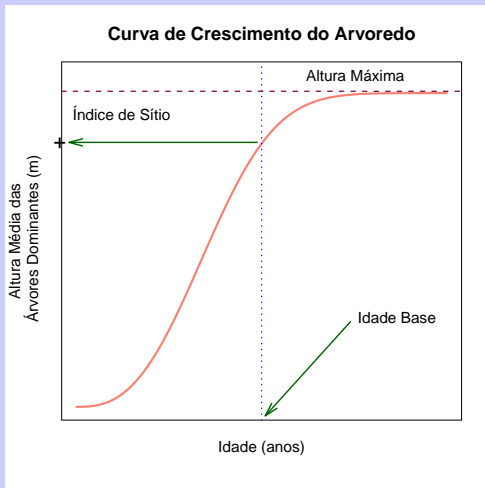
### Exemplos de Idade Base

- Eucalipto:  $\approx 5$  anos
- Pinus: entre 15 e 20 anos
- Acácia  $\approx 5$  anos
- Paricá  $\approx 5$  anos
- Teca: entre 4 e 12 anos



## » Definição de Índice de Sítio

Curva de Crescimento da Altura Média das Dominantes



## » As Curvas de Sítio

## Curvas de Crescimento

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )
  - ⇒ definidas para cada sítio

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )
  - ⇒ definidas para cada sítio
- Na Idade Base ( $I_B$ ):

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )
  - ⇒ definidas para cada sítio
- Na Idade Base ( $I_B$ ):
  - ⇒ Cada curva indica o respectivo *Índice de Sítio* ( $S$ )



## » As Curvas de Sítio

## Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )
  - ⇒ definidas para cada sítio
- Na Idade Base ( $I_B$ ):
  - ⇒ Cada curva indica o respectivo *Índice de Sítio* ( $S$ )
- Elas formam um conjunto de curvas de crescimento

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )
  - ⇒ definidas para cada sítio
- Na Idade Base ( $I_B$ ):
  - ⇒ Cada curva indica o respectivo *Índice de Sítio* ( $S$ )
- Elas formam um conjunto de curvas de crescimento

### Cada arvoredo da floresta

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )
  - ⇒ definidas para cada sítio
- Na Idade Base ( $I_B$ ):
  - ⇒ Cada curva indica o respectivo *Índice de Sítio* ( $S$ )
- Elas formam um conjunto de curvas de crescimento

### Cada arvoredo da floresta

- pode ser mais velho que a idade base ( $I > I_B$ )

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )
  - ⇒ definidas para cada sítio
- Na Idade Base ( $I_B$ ):
  - ⇒ Cada curva indica o respectivo *Índice de Sítio* ( $S$ )
- Elas formam um conjunto de curvas de crescimento

### Cada arvoredo da floresta

- pode ser mais velho que a idade base ( $I > I_B$ )
- pode ser mais novo que a idade base ( $I < I_B$ )

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )
  - ⇒ definidas para cada sítio
- Na Idade Base ( $I_B$ ):
  - ⇒ Cada curva indica o respectivo *Índice de Sítio* ( $S$ )
- Elas formam um conjunto de curvas de crescimento

### Cada arvoredo da floresta

- pode ser mais velho que a idade base ( $I > I_B$ )
- pode ser mais novo que a idade base ( $I < I_B$ )
- é classificado segundo a curva de sítio a que pertence

## » As Curvas de Sítio

### Curvas de Crescimento

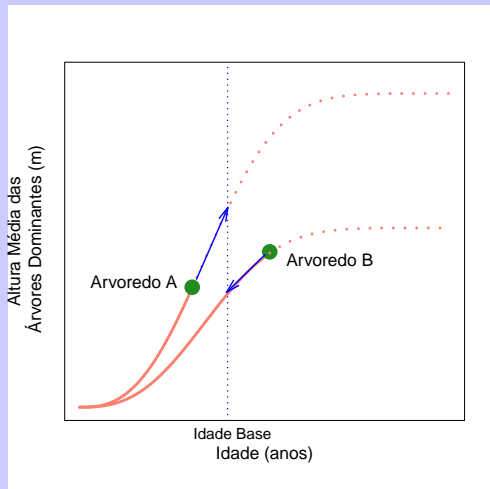
- As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - ⇒ da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - ⇒ em função da idade do arvoredo ( $I$ )
  - ⇒ definidas para cada sítio
- Na Idade Base ( $I_B$ ):
  - ⇒ Cada curva indica o respectivo *Índice de Sítio* ( $S$ )
- Elas formam um conjunto de curvas de crescimento

### Cada arvoredo da floresta

- pode ser mais velho que a idade base ( $I > I_B$ )
- pode ser mais novo que a idade base ( $I < I_B$ )
- é classificado segundo a curva de sítio a que pertence
- recebe o respectivo *Índice de Sítio*

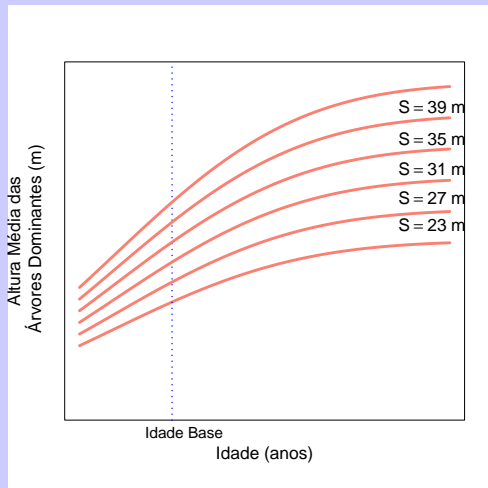
## » As Curvas de Sítio

### Arvoredos e Idade Base



## » As Curvas de Sítio

### Conjunto de Curvas de Sítio





## » Método da Curva Guia

Consistem em:

## » Método da Curva Guia

Consistem em:

1. Escolher um *modelo de crescimento*:  $H_D = f(I)$

## » Método da Curva Guia

Consistem em:

1. Escolher um *modelo de crescimento*:  $H_D = f(I)$
2. Ajustar uma *curva média* para esse modelo

## » Método da Curva Guia

Consistem em:

1. Escolher um *modelo de crescimento*:  $H_D = f(I)$
2. Ajustar uma *curva média* para esse modelo
3. Definir a  $I_B$ :

$$I = I_B \quad \implies \quad H_D = S$$

## » Método da Curva Guia

Consistem em:

1. Escolher um *modelo de crescimento*:  $H_D = f(I)$
2. Ajustar uma *curva média* para esse modelo
3. Definir a  $I_B$ :

$$I = I_B \quad \implies \quad H_D = S$$

4. Definir o *parâmetro* ( $\beta_k$ ) do modelo que representa o índice de sítio ( $S$ )

$$\beta_k \Rightarrow S$$

## » Método da Curva Guia

Consistem em:

## » Método da Curva Guia

Consistem em:

5. Substituir o  $\beta_k$  pelo  $S$  no modelo de crescimento re-escrevendo-o de modo que para cada  $S$  ele represente uma curva diferente:

$$H_D = f(I, S, I_B)$$

## » Método da Curva Guia

Consistem em:

5. Substituir o  $\beta_k$  pelo  $S$  no modelo de crescimento re-escrevendo-o de modo que para cada  $S$  ele represente uma curva diferente:

$$H_D = f(I, S, I_B)$$

6. O  $S$  é obtido em função da  $H_D$  e  $I$  para cada arvoredor:

$$S = f(H_D, I, I_B)$$



## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

#### 1. Modelo de Schumacher

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

#### 1. Modelo de Schumacher

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

1. Modelo de Schumacher

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

2. Ajustar a curva média:

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

#### 1. Modelo de Schumacher

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

#### 2. Ajustar a curva média:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

1. Modelo de Schumacher

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

2. Ajustar a curva média:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

3. Idade Base:  $I_B = 5$

$$\ln(S) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 I_B^{-1}$$

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

1. Modelo de Schumacher

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

2. Ajustar a curva média:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

3. Idade Base:  $I_B = 5$

$$\ln(S) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 I_B^{-1}$$

4. O intercepto ( $\hat{\beta}_0$ ) do modelo de Schumacher representa o sítio

$$\hat{\beta}_0 = \ln(S) - \hat{\beta}_1 I_B^{-1}$$

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método



## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

#### 5. Modelo de crescimento de altura em função do Sítio

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

5. Modelo de crescimento de altura em função do Sítio

$$\widehat{\ln(H_D)} = \left[ \hat{\beta}_0 \right] + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

5. Modelo de crescimento de altura em função do Sítio

$$\widehat{\ln(H_D)} = \left[ \hat{\beta}_0 \right] + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

$$\widehat{\ln(H_D)} = \left[ \ln(S) - \hat{\beta}_1 I_B^{-1} \right] + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

5. Modelo de crescimento de altura em função do Sítio

$$\widehat{\ln(H_D)} = \left[ \hat{\beta}_0 \right] + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

$$\widehat{\ln(H_D)} = \left[ \ln(S) - \hat{\beta}_1 I_B^{-1} \right] + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

5. Modelo de crescimento de altura em função do Sítio

$$\widehat{\ln(H_D)} = \left[ \hat{\beta}_0 \right] + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

$$\widehat{\ln(H_D)} = \left[ \ln(S) - \hat{\beta}_1 I_B^{-1} \right] + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$

6. Em cada arvoredor, o  $S$  é obtido da  $H_D$  e  $I$ :

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

5. Modelo de crescimento de altura em função do Sítio

$$\widehat{\ln(H_D)} = \left[ \hat{\beta}_0 \right] + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

$$\widehat{\ln(H_D)} = \left[ \ln(S) - \hat{\beta}_1 I_B^{-1} \right] + \hat{\beta}_1 I^{-1}$$

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$

6. Em cada arvoredor, o  $S$  é obtido da  $H_D$  e  $I$ :

$$\widehat{\ln(S)} = \ln(H_D) - \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$

## » Método da Curva Guia

### Definições Práticas

## » Método da Curva Guia

### Definições Práticas

- Definição das classes de sítio:



## » Método da Curva Guia

### Definições Práticas

- Definição das classes de sítio:

Classe	Amplitude da Altura Média das Arv. Dominantes	Sítio (S)
I	22 a 24	23
II	24 a 26	25
III	26 a 28	27
IV	28 a 30	29
V	30 a 32	31

## » Método da Curva Guia

### Definições Práticas

- Definição das classes de sítio:

Classe	Amplitude da Altura Média das Arv. Dominantes	Sítio ( $S$ )
I	22 a 24	23
II	24 a 26	25
III	26 a 28	27
IV	28 a 30	29
V	30 a 32	31

- Se o índice de sítio ( $S$ ) de uma parcela variar com a idade, fixa-se na idade mais próxima da idade base.

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva de Sítio

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva de Sítio

Modelo de Schumacher:

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva de Sítio

Modelo de Schumacher:

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

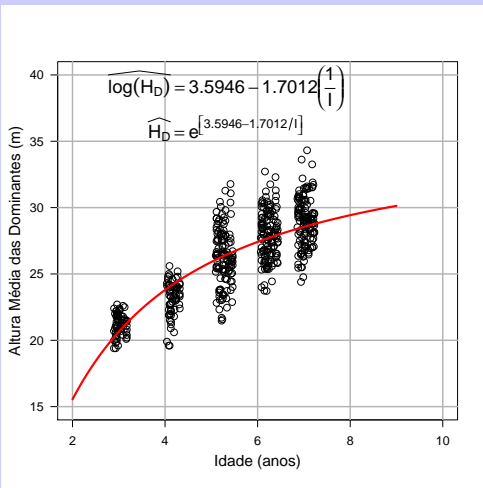
Modelo Ajustado:

$$\widehat{\ln(H_D)} = 3.5946 - 1.7012 I^{-1}$$

$$\widehat{H_D} = \exp [3.5946 - 1.7012/I]$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva de Sítio



## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

- Modelo do Conjunto de Curvas de Sítio:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$



## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

- Modelo do Conjunto de Curvas de Sítio:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$

- Modelo Ajustado:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) - 1.7012 (I^{-1} - 5^{-1}),$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

- Modelo do Conjunto de Curvas de Sítio:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$

- Modelo Ajustado:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) - 1.7012 (I^{-1} - 5^{-1}),$$

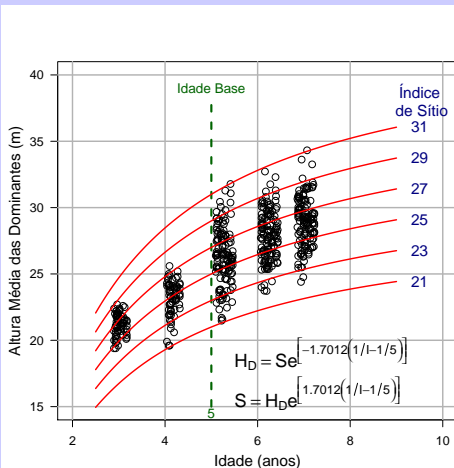
- Curvas de Sítio:

$$\widehat{H_D} = S \exp [-1.7012 (I^{-1} - 5^{-1})]$$

$$S = 23, 25, 27, 29, 31, 33$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva de Sítio



## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

- Exemplo de arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

- Exemplo de arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.
- Curvas de sítio:

$$\widehat{H}_D = S \exp \left[ -1.7012 (I^{-1} - 5^{-1}) \right]$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

- Exemplo de arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.

- Curvas de sítio:

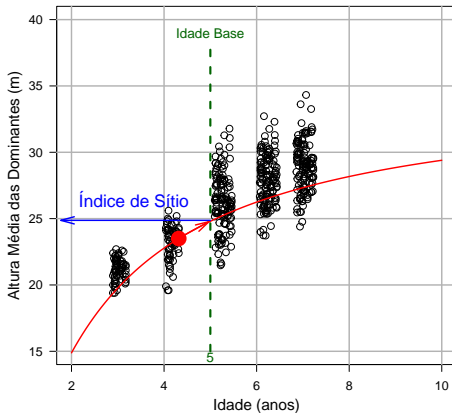
$$\widehat{H}_D = S \exp [-1.7012 (I^{-1} - 5^{-1})]$$

- Predição do Índice de sítio:

$$\begin{aligned}\widehat{S} &= H_D / \exp [-1.7012 (I^{-1} - 5^{-1})] \\ &= 23,5 / \exp [-1.7012 ((4,3)^{-1} - 5^{-1})] \\ \widehat{S} &= 24,83 \approx 25 \text{ m}\end{aligned}$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo





## » Método da Equação da Diferença

### Método

## » Método da Equação da Diferença

### Método

#### 1. Modelo de Schumacher:

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

## » Método da Equação da Diferença

### Método

1. Modelo de Schumacher:

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

2. Dados com remedições: pares de medições

$$(I_1, I_2) \Leftrightarrow (H_{D1}, H_{D2})$$

## » Método da Equação da Diferença

### Método

1. Modelo de Schumacher:

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

2. Dados com remediações: pares de medições

$$(I_1, I_2) \Leftrightarrow (H_{D1}, H_{D2})$$

3. Transforma o modelo para diferenças algébricas:

$$\ln(H_{D2}) = \beta_0 + \beta_1 I_2^{-1}$$

$$-\ln(H_{D1}) = \beta_0 + \beta_1 I_1^{-1}$$

---


$$\ln(H_{D2}) - \ln(H_{D1}) = [\beta_0 + \beta_1 I_2^{-1}] - [\beta_0 + \beta_1 I_1^{-1}]$$

$$\ln(H_{D2}) - \ln(H_{D1}) = \beta_1 [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

## » Método da Equação da Diferença

### Método

## » Método da Equação da Diferença

### Método

4. Ajusta o modelo transformado

$$[\ln(\widehat{H_{D2}}) - \ln(H_{D1})] = \hat{\beta}_1 [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

## » Método da Equação da Diferença

### Método

4. Ajusta o modelo transformado

$$[\ln(\widehat{H_{D2}}) - \ln(H_{D1})] = \hat{\beta}_1 [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

5. Utiliza o modelo ajustado para estimar  $H_{D2}$  em função de  $H_{D1}$ :

$$\ln(\widehat{H_{D2}}) = \ln(H_{D1}) + \hat{\beta}_1 [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

## » Método da Equação da Diferença

### Método

4. Ajusta o modelo transformado

$$[\ln(\widehat{H_{D2}}) - \ln(H_{D1})] = \hat{\beta}_1 [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

5. Utiliza o modelo ajustado para estimar  $H_{D2}$  em função de  $H_{D1}$ :

$$\ln(\widehat{H_{D2}}) = \ln(H_{D1}) + \hat{\beta}_1 [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

6. Se  $I_2 = I_B$  então  $\ln(\widehat{H_{D2}}) = \ln(\widehat{S})$ :

$$\ln(\widehat{S}) = \ln(H_{D1}) + \hat{\beta}_1 [I_B^{-1} - I_1^{-1}]$$



## » Método da Equação da Diferença

### Método

## » Método da Equação da Diferença

### Método

7. Modelo para o conjunto de Curvas de Sítio:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \widehat{\beta}_1 [I^{-1} - I_B^{-1}]$$

$$\widehat{H_D} = S \exp \left[ \widehat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1}) \right]$$

$$S = 23, 25, 27, 29, 31, 33$$

## » Método da Equação da Diferença

### Método

7. Modelo para o conjunto de Curvas de Sítio:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \hat{\beta}_1 [I^{-1} - I_B^{-1}]$$

$$\widehat{H_D} = S \exp \left[ \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1}) \right]$$

$$S = 23, 25, 27, 29, 31, 33$$

8. Em cada arvoredor, o  $S$  é predito por:

$$\widehat{\ln(S)} = \ln(H_D) - \hat{\beta}_1 [I^{-1} - I_B^{-1}]$$

$$\hat{S} = H_D / \exp \left[ \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1}) \right]$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

Modelo de Schumacher:

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

$$\ln(H_{D2}) - \ln(H_{D1}) = \beta_1 [I_2^{-1} - I_1^{-1}] + \varepsilon$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

Modelo de Schumacher:

$$\ln(H_D) = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$$

$$\ln(H_{D2}) - \ln(H_{D1}) = \beta_1 [I_2^{-1} - I_1^{-1}] + \varepsilon$$

Modelo Ajustado:

$$[\widehat{\ln(H_{D2}) - \ln(H_{D1})}] = -1.6650 [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

Modelo do Conjunto de Curvas de Sítio:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$



## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curvas de Sítio

Modelo do Conjunto de Curvas de Sítio:

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \hat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$

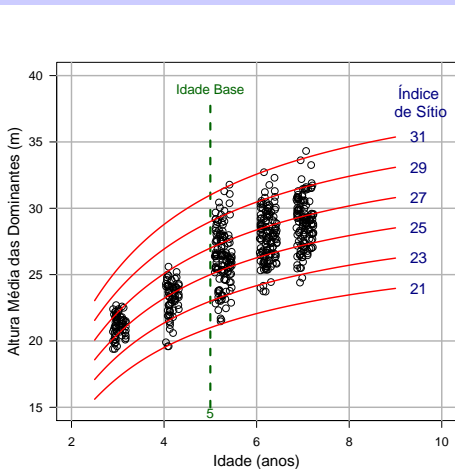
Modelo Ajustado

$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) - 1.6650 (I^{-1} - 5^{-1})$$

$$\widehat{H_D} = S \exp [-1.6650 (I^{-1} - 5^{-1})]$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Método da Equação da Diferença



## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

- Exemplo de arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

- Exemplo de arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.
- Curvas de sítio:

$$\widehat{H}_D = S \exp \left[ -1.6650 \left( I^{-1} - 5^{-1} \right) \right]$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

- Exemplo de arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.
- Curvas de sítio:

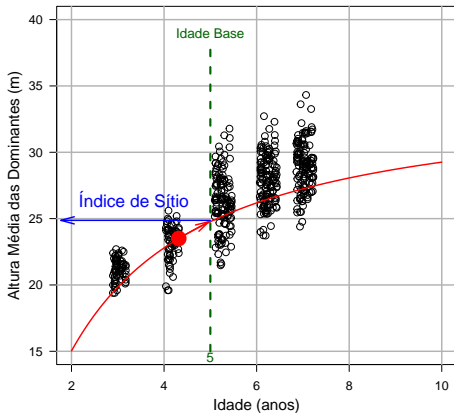
$$\widehat{H}_D = S \exp \left[ -1.6650 \left( I^{-1} - 5^{-1} \right) \right]$$

- Predição do Índice de Sítio:

$$\begin{aligned} \widehat{S} &= H_D / \exp \left[ 1.6650 \left( I^{-1} - 5^{-1} \right) \right] \\ &= 23,5 / \exp \left[ 1.6650 \left( (4,3)^{-1} - 5^{-1} \right) \right] \\ \widehat{S} &= 24,81 \approx 25 \text{ } m \end{aligned}$$

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo



## » Há Diferença entre os Métodos?

Aplicação a um Arvoredo



## » Há Diferença entre os Métodos?

### Aplicação a um Arvoredo

- Arvoredo:

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Aplicação a um Arvoredo

- Arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Aplicação a um Arvoredo

- Arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Aplicação a um Arvoredo

- Arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.
- Os dois métodos produziram o mesmo resultado prático:

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Aplicação a um Arvoredo

- Arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.
- Os dois métodos produziram o mesmo resultado prático:
  - ⇒ Método da Curva Guia:  $S = 25 \text{ m}$

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Aplicação a um Arvoredo

- Arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.
- Os dois métodos produziram o mesmo resultado prático:
  - ⇒ Método da Curva Guia:  $S = 25 \text{ m}$
  - ⇒ Método da Equação da Diferença:  $S = 25 \text{ m}$

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Aplicação a um Arvoredo

- Arvoredo:
  - ⇒ altura média das dominantes de 23,5 *m*
  - ⇒ idade de 4,3 *anos*.
- Os dois métodos produziram o mesmo resultado prático:
  - ⇒ Método da Curva Guia:  $S = 25 \text{ m}$
  - ⇒ Método da Equação da Diferença:  $S = 25 \text{ m}$
- Qual a diferença entre os métodos?

## » Há Diferença entre os Métodos?

Método da Curva Guia



## » Há Diferença entre os Métodos?

### Método da Curva Guia

- Ajuste de uma “*curva média*” na relação idade  $\times$  altura

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Método da Curva Guia

- Ajuste de uma “*curva média*” na relação idade  $\times$  altura
- Não requer levantamentos com *remedição* das parcelas

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Método da Curva Guia

- Ajuste de uma “*curva média*” na relação idade  $\times$  altura
- Não requer levantamentos com *remedição* das parcelas
- Basta os dados de um único Inventário Florestal

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Método da Curva Guia

- Ajuste de uma “*curva média*” na relação idade  $\times$  altura
- Não requer levantamentos com *remedição* das parcelas
- Basta os dados de um único Inventário Florestal  
⇒ em locais diferentes

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Método da Curva Guia

- Ajuste de uma “*curva média*” na relação idade  $\times$  altura
- Não requer levantamentos com *remedição* das parcelas
- Basta os dados de um único Inventário Florestal
  - ⇒ em locais diferentes
  - ⇒ em florestas com idades diferentes

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Método da Curva Guia

- Ajuste de uma “*curva média*” na relação idade  $\times$  altura
- Não requer levantamentos com *remedição* das parcelas
- Basta os dados de um único Inventário Florestal
  - ⇒ em locais diferentes
  - ⇒ em florestas com idades diferentes
- A *curva média* implica:

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Método da Curva Guia

- Ajuste de uma “*curva média*” na relação idade  $\times$  altura
- Não requer levantamentos com *remedição* das parcelas
- Basta os dados de um único Inventário Florestal
  - ⇒ em locais diferentes
  - ⇒ em florestas com idades diferentes
- A *curva média* implica:
  - ⇒ *tendência geral atemporal*: sem variação temporal

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Método da Curva Guia

- Ajuste de uma “*curva média*” na relação idade  $\times$  altura
- Não requer levantamentos com *remedição* das parcelas
- Basta os dados de um único Inventário Florestal
  - ⇒ em locais diferentes
  - ⇒ em florestas com idades diferentes
- A *curva média* implica:
  - ⇒ *tendência geral atemporal*: sem variação temporal
  - ⇒ *confundimento* da variação temporal e espacial



## » *Há Diferença entre os Métodos?*

Método da Equação da Diferença

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Equação da Diferença

- Somente levantamentos

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Equação da Diferença

- Somente levantamentos
  - ⇒ com *remedição* das parcelas *permanentes*

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Equação da Diferença

- Somente levantamentos
  - ⇒ com *remedição* das parcelas *permanentes*
  - ⇒ *Inventário Florestal Contínuo*

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Equação da Diferença

- Somente levantamentos
  - ⇒ com *remedição* das parcelas *permanentes*
  - ⇒ *Inventário Florestal Contínuo*
- O método ajusta

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Equação da Diferença

- Somente levantamentos
  - ⇒ com *remedição* das parcelas *permanentes*
  - ⇒ *Inventário Florestal Contínuo*
- O método ajusta
  - ⇒ uma taxa média de crescimento ao longo do tempo

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Equação da Diferença

- Somente levantamentos
  - ⇒ com *remedição* das parcelas *permanentes*
  - ⇒ *Inventário Florestal Contínuo*
- O método ajusta
  - ⇒ uma taxa média de crescimento ao longo do tempo

$$[\ln(\widehat{H_{D2}}) - \ln(H_{D1})] = \widehat{\beta_1} [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Equação da Diferença

- Somente levantamentos
  - ⇒ com *remedição* das parcelas *permanentes*
  - ⇒ *Inventário Florestal Contínuo*
- O método ajusta
  - ⇒ uma taxa média de crescimento ao longo do tempo

$$[\ln(\widehat{H_{D2}}) - \ln(H_{D1})] = \widehat{\beta_1} [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

- O método



## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Equação da Diferença

- Somente levantamentos
  - ⇒ com *remedição* das parcelas *permanentes*
  - ⇒ *Inventário Florestal Contínuo*
- O método ajusta
  - ⇒ uma taxa média de crescimento ao longo do tempo

$$[\ln(\widehat{H_{D2}}) - \ln(H_{D1})] = \widehat{\beta_1} [l_2^{-1} - l_1^{-1}]$$

- O método
  - ⇒ é mais exigente nos *dados necessários*

## » Há Diferença entre os Métodos?

### Método da Equação da Diferença

- Somente levantamentos
  - ⇒ com *remedição* das parcelas *permanentes*
  - ⇒ *Inventário Florestal Contínuo*
- O método ajusta
  - ⇒ uma taxa média de crescimento ao longo do tempo

$$[\widehat{\ln(H_{D2}) - \ln(H_{D1})}] = \widehat{\beta_1} [I_2^{-1} - I_1^{-1}]$$

- O método
  - ⇒ é mais exigente nos *dados necessários*
  - ⇒ produz *modelos mais realistas*

» FIM

*Obrigado pela atenção!*