

Engenharia Florestal - ESALQ - USP

LCF1680 Manejo e Regeneração de Povoamentos Florestais  
Profa. Luciana Duque

Aula sobre

# Índice de Sítio

by João L. Ferreira Batista ([batista.jlf@usp.br](mailto:batista.jlf@usp.br))  
on setembro de 2023

## » Sumário

\* Conceitos:

## » Sumário

- \* Conceitos:
  - \* Sítio

## » Sumário

- \* Conceitos:
  - \* Sítio
  - \* Índice de Sítio

## » Sumário

- \* Conceitos:
  - \* Sítio
  - \* Índice de Sítio
  - \* Curvas de Sítio

## » Sumário

- \* Conceitos:
  - \* Sítio
  - \* Índice de Sítio
  - \* Curvas de Sítio
- \* Método da Curva Guia

## » Sumário

- \* Conceitos:
  - \* Sítio
  - \* Índice de Sítio
  - \* Curvas de Sítio
- \* Método da Curva Guia
- \* Método da Diferença Algébrica

## » 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: sensibilidade

## » 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: sensibilidade

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: sensibilidade

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: sensibilidade

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: sensibilidade

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 arvoredado ?
- \* biomassa arbórea do arvoredado ?
- \* área basal do arvoredado ?

## » 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 Árvores 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 Árvore 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 Árvore Dominantes:

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

## » 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
- \* não é influenciada pela densidade
- \* *mas*, varia com 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
- \* não é influenciada pela densidade
- \* *mas*, varia com a idade

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
- \* não é influenciada pela densidade
- \* *mas*, varia com a idade

### 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
- \* não é influenciada pela densidade
- \* *mas*, varia com a idade

### 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
- \* não é influenciada pela densidade
- \* *mas*, varia com a idade

### 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
- \* não é influenciada pela densidade
- \* *mas*, varia com a idade

### 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
- \* não é influenciada pela densidade
- \* *mas*, varia com a idade

### 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
- \* ⇒ 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*.

Idade Base



## » Definição de Índice de Sítio

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

### 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*.

### 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*.

### 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*.

### 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

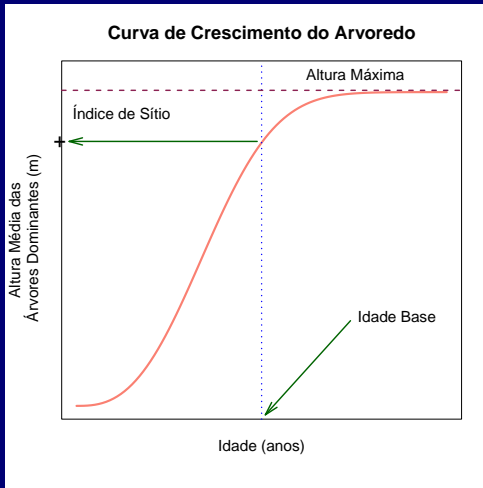
O *índice de sítio* é a altura média das árvores dominantes de um arvoredo na *idade base*.

### 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 arvoredado ( $I$ )
  - \* 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 arvoredado 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

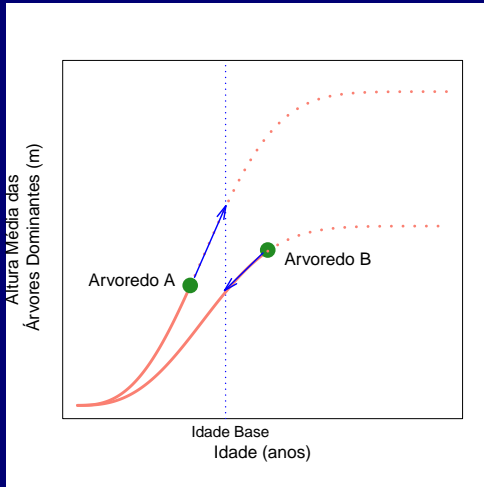
- \* As curvas de sítio são curvas de crescimento
  - \* da altura média das árvores dominantes ( $H_D$ )
  - \* em função da idade do arvoredado ( $I$ )
  - \* definidas para cada sítio
- \* Na Idade Base ( $I_B$ ):
  - \* Cada curva indica o respectivo *Índice de Sítio* ( $S$ )
- \* Elas formam um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

### Cada arvoredado 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*

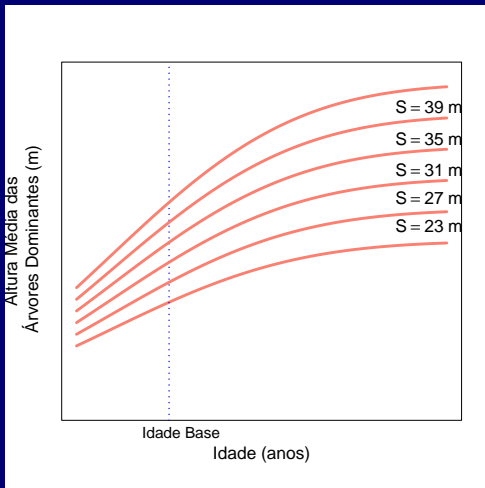
## » As Curvas de Sítio

### 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  $I_B$ :

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

## » 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 ( $S$ )

$$\beta_k \implies S$$

## » 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 arvoredo:

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

## » 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

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

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

5. Modelo de crescimento de altura em função do Sítio

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

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



## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

5. Modelo de crescimento de altura em função do Sítio

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

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

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

## » Método da Curva Guia

### Aplicação do Método

5. Modelo de crescimento de altura em função do Sítio

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

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

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

6. Em cada arvored, 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

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

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

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

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

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

## » 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:

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

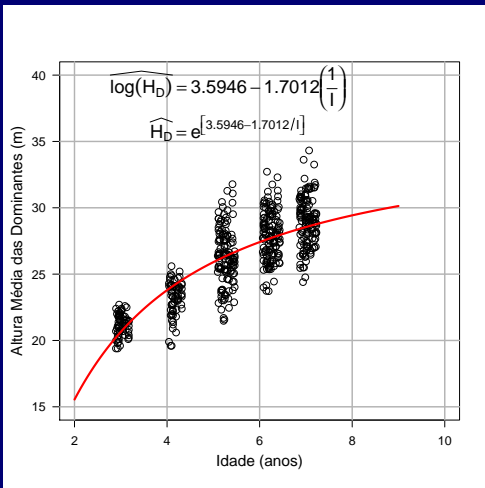
Modelo Ajustado:

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

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

# » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

## Curva de Sítio



## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

Curva de Sítio

» Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

## Curva de Sítio

Modelo do Conjunto de Curvas de Sítio:

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

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva de Sítio

Modelo do Conjunto de Curvas de Sítio:

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

Modelo Ajustado:

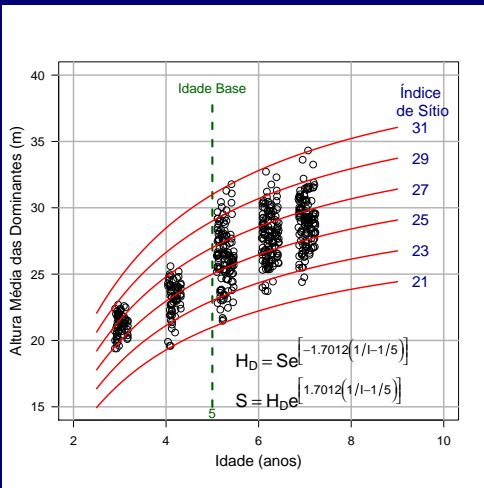
$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) - 1.7012 (I^{-1} - 5^{-1}),$$

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

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

# » 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

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

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

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

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

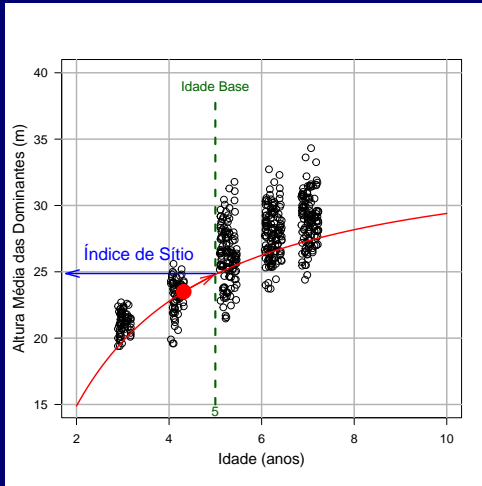
$$\widehat{\ln(S)} = \ln(23,5) + 1.7012 ((4,3)^{-1} - 5^{-1}),$$

$$\widehat{\ln(S)} = 3,212388$$

$$\widehat{S} = 24,83 \approx 25 \text{ m}$$

# » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

## Aplicação a um Arvoredo



## » Método da Diferença Algébrica

Método

## » Método da Diferença Algébrica

### Método

1. Modelo de Schumacher:

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

## » Método da Diferença Algébrica

### 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 Diferença Algébrica

### Método

1. Modelo de Schumacher:

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

2. Dados com remedições: pares de medições

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

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 Diferença Algébrica

Método



## » Método da Diferença Algébrica

## Método

4. Ajusta o modelo transformado

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

## » Método da Diferença Algébrica

### Método

- Ajusta o modelo transformado

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

- 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 Diferença Algébrica

### Método

4. Ajusta o modelo transformado

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

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

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

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

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

## » Método da Diferença Algébrica

Método

## » Método da Diferença Algébrica

## Método

7. Modelo para o conjunto de Curvas de Sítio:

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

## » Método da Diferença Algébrica

### Método

7. Modelo para o conjunto de Curvas de Sítio:

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

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

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

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

Curva de Sítio

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva de Sítio

Modelo de Schumacher:

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

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



## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva 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*

Curva de Sítio

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva de Sítio

Modelo do Conjunto de Curvas de Sítio:

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

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Curva de Sítio

Modelo do Conjunto de Curvas de Sítio:

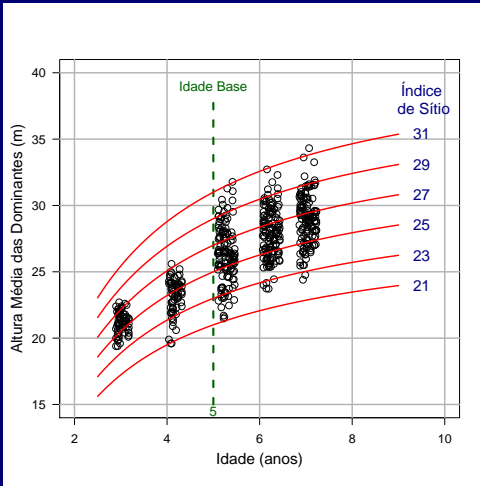
$$\widehat{\ln(H_D)} = \ln(S) + \widehat{\beta}_1 (I^{-1} - I_B^{-1})$$

Modelo Ajustado

$$\begin{aligned} \widehat{\ln(H_D)} &= \ln(S) - 1.6650 (I^{-1} - 5^{-1}) \\ \widehat{H_D} &= S \exp [-1.6650 (I^{-1} - 5^{-1})] \end{aligned}$$

# » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

## Método da Diferença Algébrica



## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

Aplicação a um Arvoredo

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

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

## » Exemplo: Floresta de *Eucalyptus grandis*

### Aplicação a um Arvoredo

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

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

$$\widehat{\ln(S)} = \ln(23,5) + 1.6650 ((4,3)^{-1} - 5^{-1}),$$

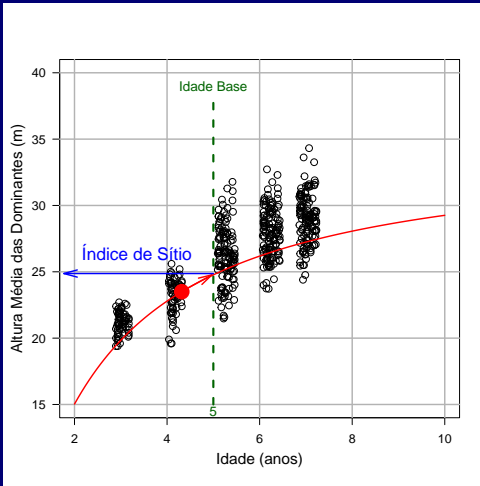
$$\widehat{\ln(S)} = 3,211063$$

$$\widehat{S} = 24,81 \approx 25 \text{ m}$$



# » 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:  $S = 25 m$

## » 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:  $S = 25 m$
  - \* Método da Equação da Diferença:  $S = 25 m$



## » 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:  $S = 25 m$
  - \* Método da Equação da Diferença:  $S = 25 m$
- \* 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 Diferença Algébrica

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

Método da Diferença Algébrica

- \* Somente levantamentos

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Diferença Algébrica

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

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Diferença Algébrica

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

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Diferença Algébrica

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

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Diferença Algébrica

- \* 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 Diferença Algébrica

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

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

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Diferença Algébrica

- \* 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 Diferença Algébrica

- \* 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
  - \* é mais exigente nos *dados necessários*

## » *Há Diferença entre os Métodos?*

### Método da Diferença Algébrica

- \* 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
  - \* é mais exigente nos *dados necessários*
  - \* produz *modelos mais realistas*

» FIM

*Obrigado pela atenção!*