



INSTITUTO  
SUPERIOR DE  
AGRONOMIA  
*Universidade de Lisboa*

**U LISBOA** | UNIVERSIDADE  
DE LISBOA



**Brigite Botequim**

**bbotequim@isa.ulisboa.pt**

**Ordenamento e Gestão Florestal**

**Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais**

# Outline:

## | Aulas 6 Novembro – 18 Dezembro 2019

- **Planeamento da gestão do povoamento florestal, conservação e proteção**
  - A estruturação e o desenvolvimento dos processos de planeamento.
  - Critérios de decisão
  - Os problemas e os modelos de planeamento da gestão de povoamentos com composição pura e estrutura regular
  - Os problemas e os modelos de planeamento da gestão de povoamentos com composição mista e com estrutura irregular

## |Tópico 4 Aula #1

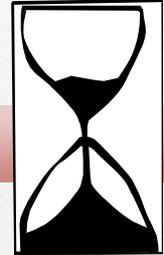
### □ Planeamento da gestão de povoamentos regulares

- Critérios de avaliação de projetos (revisão)
- A importância do Valor Esperado da Terra / Valor do Solo (VET/VS)
- O que é o VET ? ( Revisões)
- Notações
- Pressupostos
- VET – Diferentes Métodos de cálculo
- Exemplos

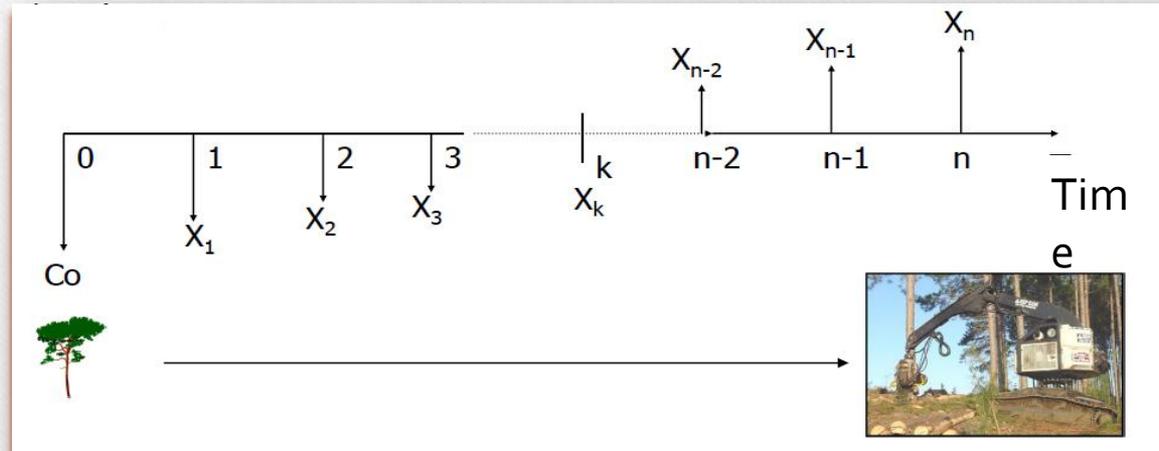
# Floresta como valor de capital

## | Alocação de Capital

“Tempo é dinheiro” ...



- Plantar árvores ou investir dinheiro ...ambos crescem com o tempo!



- Investidores alocam os seus recursos monetários visando a maximização do valor dos bens de capital (recursos capazes de gerar bens de consumo e/ou serviços) à sua disposição.
  - De facto é óbvio que não é o mesmo receber ou pagar “x” agora ou daqui a 3 ou 5 anos!!!

## CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS



- Quanto esperar de retorno sobre os investimentos ?
- Quanto custa uma plantação de eucalipto? Pinheiro bravo?
- Quanto esperar em termos de crescimento?
- Quanto posso pedir pelo metro cúbico produzido de madeira?
- Considerando o Valor da terra , compensa plantar eucalipto? Pinheiro bravo? Sobreiro?

## |CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS

---

- ❑ **Como analisar o desempenho de um investimento em um projeto florestal?**
  - É importante dispor de alternativas e de algum critério que classifique essas diferentes oportunidades de investimento existentes
  - Para analisar e classificar essas diferentes alternativas usam técnicas de matemática financeira para avaliar o retorno sobre o capital
    - **Critérios de Avaliação de Projetos com Horizontes Regulares**
    - **Critérios de Avaliação de Projetos com Horizontes Irregulares**

## Critérios de Análise Financeira

- 📦 **Valor Presente , valor Futuro**
- 📦 **Valor Presente/atual Liquido (VPL ou VAL)**
- 📦 **Taxa Interna Retorno (TIR)**
- 📦 **Razão Benefício/ custo (B/C)**
- 📦 **Pagamento anual equivalente (PAE)**
- 📦 **Valor Esperado da Terra (VES) – Valor Expectável do Solo (SEV)**



## Critérios de Análise Financeira

- Quanto maior o **Valor Atual Líquido (VAL)** mais atrativo será o projeto ( $VAL > 0$ );
- Método sensível as mudanças na taxa de desconto
- **Taxa Interna Retorno (TIR)**  $>$  TMA o projeto é viável economicamente;
- Quanto mais próximo o valor da **TIR** ao TMA mais arriscado é o projeto
- **Razão Benefício/ custo (B/C)**  $>$  1 o projeto é viável economicamente



## CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS

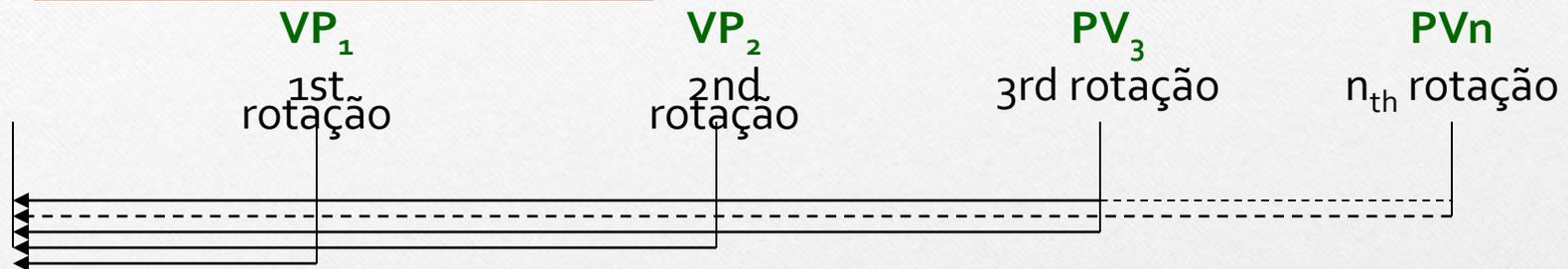
### O que é o Valor Esperado da Terra (VET) ?

- ❑ **Como analisar o desempenho de um investimento num projeto florestal?**
  - O Valor Esperado da Terra (VET) é o nome dado ao valor presente líquido do fluxo de receitas e custos resultante da utilização perpétua de uma determinada área através de ciclos de cultivo periódicos idênticos e constantes
  - Representemos através da linha de tempo uma série perpétua de ciclos florestais consecutivos, cada um com duração de “p” anos
  - Por serem **ciclos idênticos** que se **repetem indefinidamente** obtemos uma série de receitas líquidas idênticas, periódicas e perpétuas.

# O Valor Esperado da Terra (VET)

## O Valor Esperado da Terra (VET)

### VET timeline



VP<sub>0</sub> de series  
perpétuas

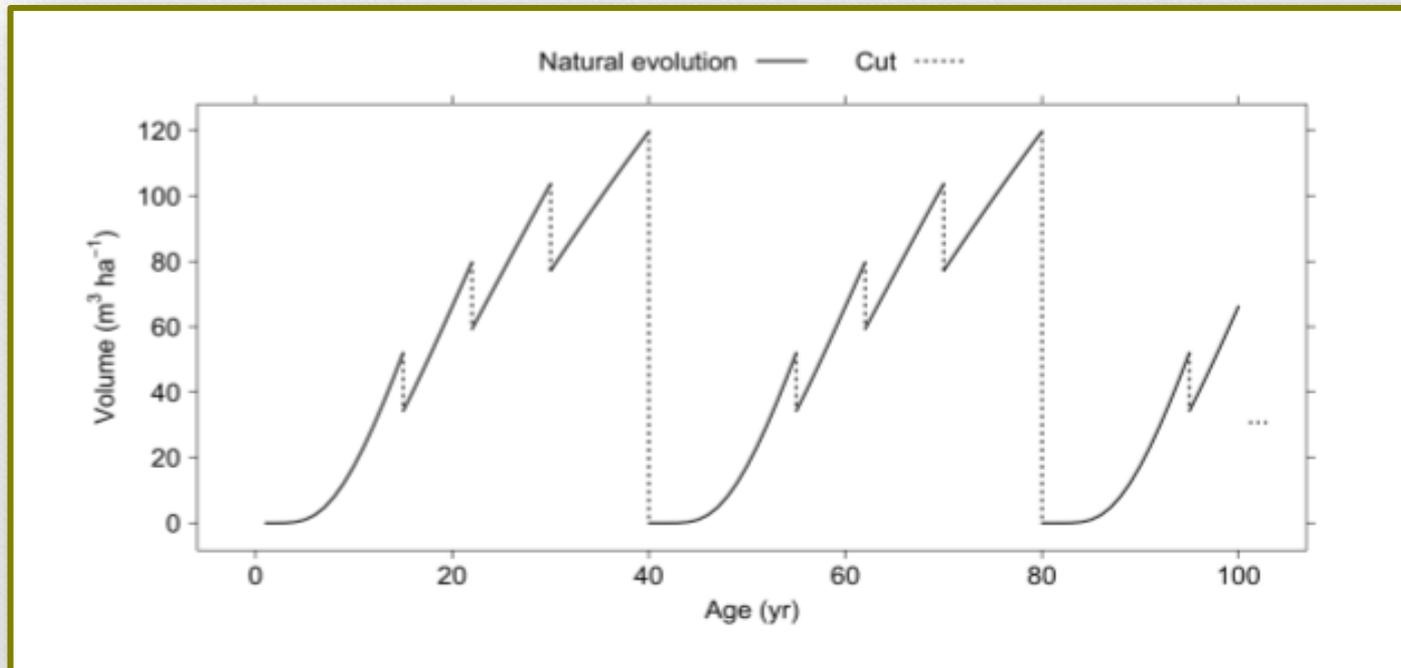
$$VP_1 = VP_2 = VP_3 = \dots \dots \dots VP_n$$



# O Valor Esperado da Terra (VET)

## VALOR ESPERADO DA TERRA

- Necessário calcular a receita líquida final obtida em cada "X" anos = obtido a partir da **subtração de receitas e custos capitalizados até o momento final do projeto**



# O que é o VET ?

## □ Pressupostos

- A propriedade é usada preferencialmente para produzir madeira oriunda de povoamentos regulares
- Cada rotação tem o mesmo comprimento em tempo (anos)
- A sequência de operações em cada rotação é idêntica (repete-se)
- O rendimento associado a um evento particular com uma rotação é idêntico para todas as rotações

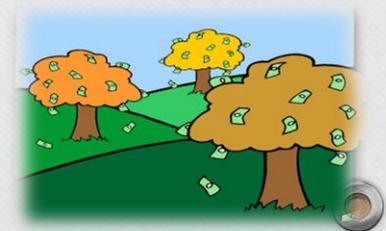


# O Valor Esperado da Terra (VET)

## ☐ Cálculo do Valor da Terra/Solo

Habitualmente há quatro tipos de custos e receitas envolvidas no cálculo do valor do solo:

- Custo de plantação ou de estabelecimento (E)
- Receitas líquidas resultantes da venda de madeira (do corte final no final da revolução) ( $Y_p, R * P_p$ )
- Receitas anuais líquidas (A)
- Miscelânea de custos e receitas intermédias que podem ocorrer no horizonte de planeamento ( $0 < t < R$ ).

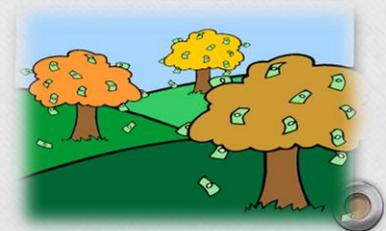


# O Valor Esperado da Terra (VET)

## □ NOTAÇÃO

---

- $R$  = Comprimento da revolução (em anos),
- $E$  = custo de estabelecimento/plantação por unidade de área,
- $A$  = Fluxo de caixa (receita – custo) anual por unidade de área,
- $It$  = Receita ou custo intermédio por unidade de área,
- $Y_{p,R}$  = produção esperada por unidade de área do produto “p” à idade  $R$ ,
- $P_p$  = Preço do produto  $p$ ,
- $Ch$  = Custos associados com o corte final
- $r$  ou  $i$  = taxa de juro real.



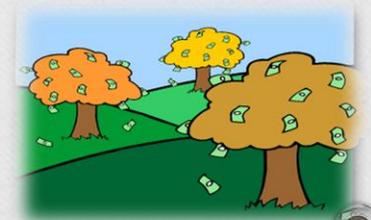
# O Valor Esperado da Terra (VET)

## □ NOTAÇÃO

---

▪  $VPR_1$  = *valor presente* dos custos e receitas resultantes da primeira revolução

▪  $VFR_1$  = *valor futuro* no final da revolução dos custos e receitas depois da primeira rotação



# O Valor Esperado da Terra (VET)

## □ Cálculo do Valor da Terra/Solo



- **O Fluxo de caixa ( receita – custo)** deve ser capitalizado ou descapitalizado para um valor presente ou future representando todos os valores de uma unica rotação
- Depois disso, a série infinita periódica (perpétua) é aplicada tendo em conta que o **VET** é o **valor presente** de uma série infinita de diversas rotações.

$$V_0 = \frac{p}{(1+i)^t} + \frac{p}{(1+i)^{2t}} + \frac{p}{(1+i)^{3t}} + \dots + \frac{p}{(1+i)^\infty}$$

# O Valor Esperado da Terra (VET)

## □ Cálculo do Valor da Terra/Solo

---

### ■ MÉTODO I

1. Calcular o valor presente da primeira revolução
2. Converter o valor presente da primeira revolução em valor futuro
3. Aplicar a fórmula das séries periódicas perpétuas

### ■ MÉTODO II

1. Calcular o valor futuro da primeira revolução
2. Aplicar a fórmula das séries periódicas perpétuas

## METODO III

1. Se as **receitas e custos anuais (A)** são considerados podem ser ignorados calculando o **valor futuro** da primeira rotação diretamente sem o cálculo dos cash flows anuais.
2. Aplicar a formula de de pagamentos da série infinita periódica ao **valor futuro** da 1a rotação calculada em 1.
3. Usar a formula das séries anuais perpétuas para a receita líquida anual (Net Revenue)

$$VET = \frac{-E(1+r)^R + \sum_{t=1}^{R-1} I_t(1+r)^{(R-t)} + \sum_{p=1}^n P_p Y_{p,R} - C_h}{(1+r)^R - 1} + \frac{A}{r}$$

# O Valor Esperado da Terra (VET)

## ■ MÉTODO III

---

1. Cálculo do valor futuro da primeira revolução directamente, ignorando os cash flows anuais (receitas menos custos):

$$VF_{R'} = -E(1+r)^R + \sum_{t=1}^{R-1} I_t(1+r)^{R-t} + \sum_{p=1}^n P_p Y_{p,R} - C_h$$

# O Valor Esperado da Terra (VET)

## □ MÉTODO II

2. ~~Aplicação da fórmula dos pagamentos periodicos perpétuos~~ para o valor futuro da primeira rotação calculado no passo 1 e usar a fórmula das series anuais perpétuas para os CF anuais:

$$VET = \frac{VF'_{R1}}{(1+r)^R - 1} + \frac{A}{r}$$

# O Valor Esperado da Terra (VET)

## □ Cálculo do Valor da Terra/Solo

- O Valor Expectável da Terra (VT) é o *valor presente*, por unidade de área, dos custos e receitas projetados de uma série infinita de rotações florestais idênticas, começando inicialmente por terra nua.

$$VET = \frac{-E(1+r)^R + \sum_{t=1}^{R-1} I_t(1+r)^{R-t} + \sum_{p=1}^n P_p Y_{p,R} - C_h}{(1+r)^R - 1} + \frac{A}{r}$$

### | VALOR ESPERADO DA TERRA (LEV)

— Avaliar projetos com uma série de custos e receitas —

- Representa o **VAL** de um investimento num povoamento regular desde o momento da plantação, ao longo de uma série infinita de rotações do mesmo regime de gestão florestal

$$NFV = \sum_{n=0}^t Rn(1+i)^t - n - \sum_{n=0}^t Cn(1+i)^t - n \quad \Rightarrow \quad VET = \frac{NFV}{(1+i)^t - 1}$$

*NFV = Receita líquida futura no final da primeira rotação (1º corte final)*

*Rn = Receitas recebidas no ano n*

*Cn = custos referentes ao ano n*

*t = comprimento da revolução em anos*

*n = ano específico de uma receita ou custo*

*i = taxa de desconto real*

# EXEMPLO 1 . VET

## | Calcule o VET deste povoamento (taxa real de 6%)

- Considere as seguintes receitas e custos por ha resultantes da gestão de um povoamento de pinheiro bravo:

	Valor	Ano
Custo de reflorestação	125€	0
Custo de limpeza de matos	50€	5
Custo de desbaste	75€	10
Imposto sobre a propriedade	3€	Anual
Receita proveniente da caça	1€	Anual
Receita de desbaste	200€	20
Receita de corte final	3000€	40



# EXEMPLO 1 . VET

Calcule o VET deste povoamento (taxa real de 6%)

	Valor	Ano	Valor presente (Método I)	Valor Futuro (Método II)
Reflorestação	125€	0	-125€	-1285.71€
Limpeza de matos	50€	5	-37.36€	-384.30€
Desbaste (custo)	75€	10	-41.88€	-430.76€
Imposto propriedade	3€	Anual	-45.05€	-464.29€
Receita caça	1€	Anual	15.05€	154.76€
Madeira desbaste	200€	20	62.36€	641.43€
Madeira corte final	3000€	40	291.67	3000€
<b>Total</b>	-	-	<b>119.69€</b>	<b>1232.12€</b>

## EXEMPLO 1 . VET

|Calcule o VET deste povoamento (taxa real de 6%)

$$VET = \frac{-E(1+r)^R + \sum_{t=1}^{R-1} I_t(1+r)^{(R-t)} + \sum_{p=1}^n P_p Y_{p,R} - C_h}{(1+r)^R - 1} + \frac{A}{r}$$

$$VET = \frac{-125(1.06)^{40} - 50(1.06)^{35} - 75(1.06)^{30} + 200(1.06)^{20} + 3,000}{(1.06)^{40} - 1} - \frac{2}{0.06}$$

$$VET = \frac{-1285,71 - 384,30 - 430,76 + 641,43 + 3000}{9,28572} - 33,33 = 132,58€$$



## EXEMPLO 2 . VET

□ **Calcule o valor da terra de um povoamento de carvalho gerido com uma revolução de 90 anos com as seguintes premissas:**

- Sem custo de estabelecimento,
- O preço médio (constante) para a venda de madeira é de 345€/m<sup>3</sup>,
- Será feito um desbaste ao ano 80 com a produção de 3.1 m<sup>3</sup>/ha
- Corte final à idade 90 produzindo 6.4 m<sup>3</sup>/ha,
- Taxa real de 3%,
- Impostos anuais de 2€/ha.



## EXEMPLO 2 . VET

- Calcule o valor da terra de um povoamento de carvalho gerido com uma revolução de 90 anos com as seguintes premissas:

$$VET = \frac{-E(1+r)^R + \sum_{t=1}^{R-1} I_t(1+r)^{(R-t)} + \sum_{p=1}^n P_p Y_{p,R} - C_h}{(1+r)^R - 1} + \frac{A}{r}$$

$$VET = \frac{345 * 3.1(1,06)^{(90-80)} + 345 * 6.4}{(1,03)^{90} - 1} - \frac{2}{0,03}$$

$$VET = \frac{1437.32 + 2208.00}{13.3005} - 66.67 = 207.41\text{€/ha}$$



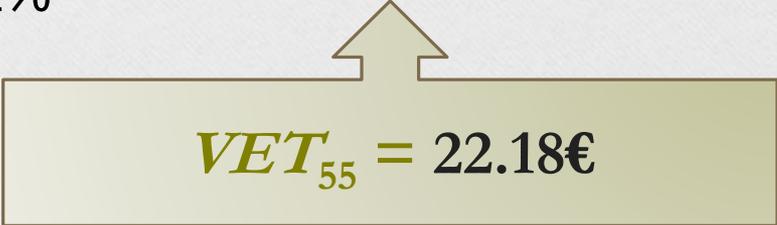
## EXEMPLO 3 . VET

- Está responsável pelo programa de genética do Abeto na Empresa de celulose. Obtiveram-se os seguintes volumes oriundos de testes genéticos realizado a uma nova variedade de Abetos

Idade	Volume (m <sup>3</sup> )	VET
45	51	37.46€
50	63	39.02€
55	73	?
60	82	

- O **VET** para as idades 45 e 50 anos já foram calculados.

- ❑ Calcular o VET para plantações da nova variedade de abetos
- ❑ Para uma rotação de 55 anos utilize os preços e custos apresentados:
  - Custos de plantação: 145€/ha
  - Custos retanchar aos 3 anos: 50€/ha.
  - Taxas anuais: 2€/ha@yr.
  - Preço abeto: 30€/m<sup>3</sup>
  - Taxa real: 4%


$$VET_{55} = 22.18\text{€}$$

## EXEMPLO 4 . VET

- Considere os custos de regeneração de uma propriedade de pinheiro de 1500€/ha com uma desbaste comercial à idade dos 10 anos que custa 300€/ha. A madeira será vendida a 14,000€/ha. Qual é o VET para uma rotação de 50 anos com uma taxa real de 4%.

$$NFV = -1,500 \cdot 1.04^{50} + (-300) \cdot 1.04^{40} + 14,000 = 1,899.67 \text{ €/ha}$$

- **VET:**

$$VET = \frac{1,899.67}{1.04^{50} - 1} = 311.08 \text{ €/ha}$$


## |Tópico 4 Aula #2

### □ Planeamento da gestão de povoamentos puros e regulares

- Rotação florestal óptima – Diferentes perspectivas
- A Rotação óptima económica
- Efeitos na rotação óptima financeira e no VET devido a alterações em variáveis económicas :
  - Custos de estabelecimento ,Preços, Taxas de desconto
- A Rotação óptima biológica
  - IMA, ICA,
- Rotação económica versus rotação biológica - exemplos
- Exercícios de aplicação – Problem set#5

## ❑ Como obter a rotação económica?

---

### ❑ Planeamento da gestão de povoamentos puros e regulares

- Considerar a viabilidade técnica e económica do projeto;
- Considerar a distribuição de custos e receitas ao longo do tempo;
- Pode levar ou não em conta a variação do capital no tempo: taxa de juros;
  - Métodos que não consideram a variação do capital no tempo :  
Tempo de retorno do capital, razão Receita/custo
  - Métodos que consideram a variação do capital no tempo:  
Valor atual Líquido (VAL), taxa interna de retorno (TIR), razão Benefício / custo (R),  
valor periódico equivalente (VPE)

# Rotações Ótimas Florestais ?

- Rotação económica : é a rotação que maximiza os retornos do investimento nas atividades florestais , proporciona lucro máximo ao investidor



?

Máximo Lucro

## VALOR ATUAL LIQUIDO (VAL)- EXEMPLO #1



- Um povoamento de pinheiro é suposto crescer mediante os valores da tabela:

Age	Yield (m <sup>3</sup> /ha)
30	2
50	6
70	15
90	40
110	70

- Custos de plantação = 100€/ha
- Desbaste comercial (PCT) aos 10 anos = 50€/ha
- Venda da madeira = 200€/(m<sup>3</sup>/ha)



- Qual a idade da rotação que maximiza o VAL ao longo de uma rotação com uma taxa de 4%?

# Definindo Rotações Ótimas Florestais

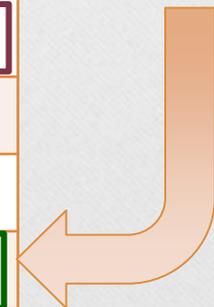
| Qual a idade da rotação que maximiza o VAL ao longo de uma rotação com uma taxa de 4% ?

❑ Para uma rotação de 30 anos tem-se:

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= -\frac{100}{(1+0.04)^0} - \frac{50}{(1+0.04)^{10}} + \frac{2*200}{(1+0.04)^{30}} = \\ &= -100 - 33.78 + 123.33 = -10.45 \end{aligned}$$

Rotação	Corte final (Valor)	VP do Corte final	VP dos custos		VAL
			Plantação	1º desbaste	
30	400	123.33	100	33.78	-10.45
50	1200	168.86	100	33.78	35.08
70	3000	192.65	100	33.78	58.57
90	8000	234.47	100	33.78	100.69
110	14000	187.26	100	33.78	53.48

A Rotação com 90 anos **MAXIMIZA** o VAL



## | Rotação económica : VET – exemplo #2

- Considere uma área de terra para a qual queremos calcular a melhor estratégia para solo nu e cujo crescimento é definido pela curva de rendimento  $Y(t)$ . Os valores económicos apropriados para a situação são:
  - $S$  = preço da madeira: 35€
  - $P$  = custo de regeneração por hectare: 100€
  - $i$  = taxa de juros: 4%
  - $A$  = imposto anual por hectare e custo de administração: 1,5€
- Para uma determinada idade de rotação  $R$ , recorde-se que o **VET** pode ser calculado da seguinte forma:

$$VET = \frac{SY_{(t)} - P(1+i)^R}{(1+i)^R - 1} - \frac{A}{i} = \frac{35Y_{(t)} - 100(1.04)^R}{(1.04)^R - 1} - \frac{1.5}{0.04}$$

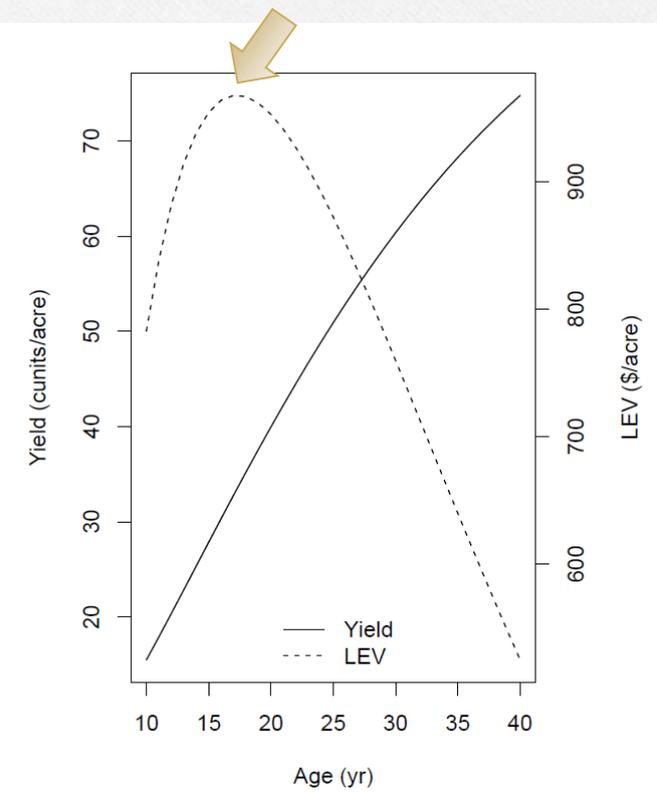
# Definindo Rotações Ótimas Florestais

## Rotação ótima económica/financeira :

VET máximo

Age	Yield	MAI	CAI	NFV	NPV	LEV
...	...	...	...	...	...	...
13	22.84	1.76	2.50	608.09	365.21	914.32
14	25.34	1.81	2.50	686.39	396.37	938.10
15	27.84	1.86	2.48	764.26	424.37	954.20
16	30.32	1.90	2.46	841.30	449.18	963.71
17	32.79	1.93	2.43	917.15	470.84	967.56
18	35.22	1.96	2.39	991.51	489.44	966.56
19	37.61	1.98	2.35	1064.11	505.07	961.39
20	39.96	2.00	2.30	1134.74	517.88	952.66
21	42.26	2.01	2.25	1203.20	528.01	940.91
22	44.51	2.02	2.19	1269.35	535.61	926.59
23	46.70	2.03	2.13	1333.05	540.85	910.11
24	48.83	2.03	2.07	1394.20	543.91	891.83
25	50.91	2.04	2.01	1452.71	544.94	872.06
26	52.92	2.04	1.95	1508.52	544.11	851.08
27	54.87	2.03	1.89	1561.57	541.58	829.14
28	56.76	2.03	1.83	1611.83	537.51	806.44
...	...	...	...	...	...	...

## Idade da Rotação Económica



## | Rotação que maximiza o VET

- Chama-se rotação de Faustmann porque é com base na **fórmula do VET**, proposta pela primeira vez por *Martin Faustmann* em 1849
- É a rotação que os economistas florestais mostraram ser a rotação ideal para florestas plantadas, principalmente para a exploração de povoamentos para madeira com fins lucrativos
- A abordagem pode ser generalizada para aplicar a vários objetivos de gestão



## | O crescimento da Floresta – diversas medidas



-  Incremento corrente Annual (ICA)
-  (MAI ou IMA) Incremento Médio Anual
-  (PAI ou IPA) Incremento periódico anual
-  Taxas de Juro do crescimento (Percentagem)

## | Incremento Anual

O **Incremento Anual** ( $\Delta Y_a$ ) refere-se ao crescimento anual do povoamento por unidade de área a uma determinada idade. é a diferença entre as dimensões de uma árvore ou uma floresta tomadas no fim ( $Y_a$ ) e início ( $Y_{a-1}$ ) do período de um ano de crescimento.

$$\Delta Y_a = Y_{a+1} - Y_a$$



## | Crescimento de povoamentos...

### ❑ Não podemos cortar mais volume do que produzimos ...

#### ▪ O que é típico num povoamento regular :

- ✓ Início do povoamento (plantação ou sementeira)
- ✓ Uma série de tratamentos intermédios (controlo de vegetação, fertilização, desbaste)
- ✓ Corte final
- ✓ Início da segunda rotação

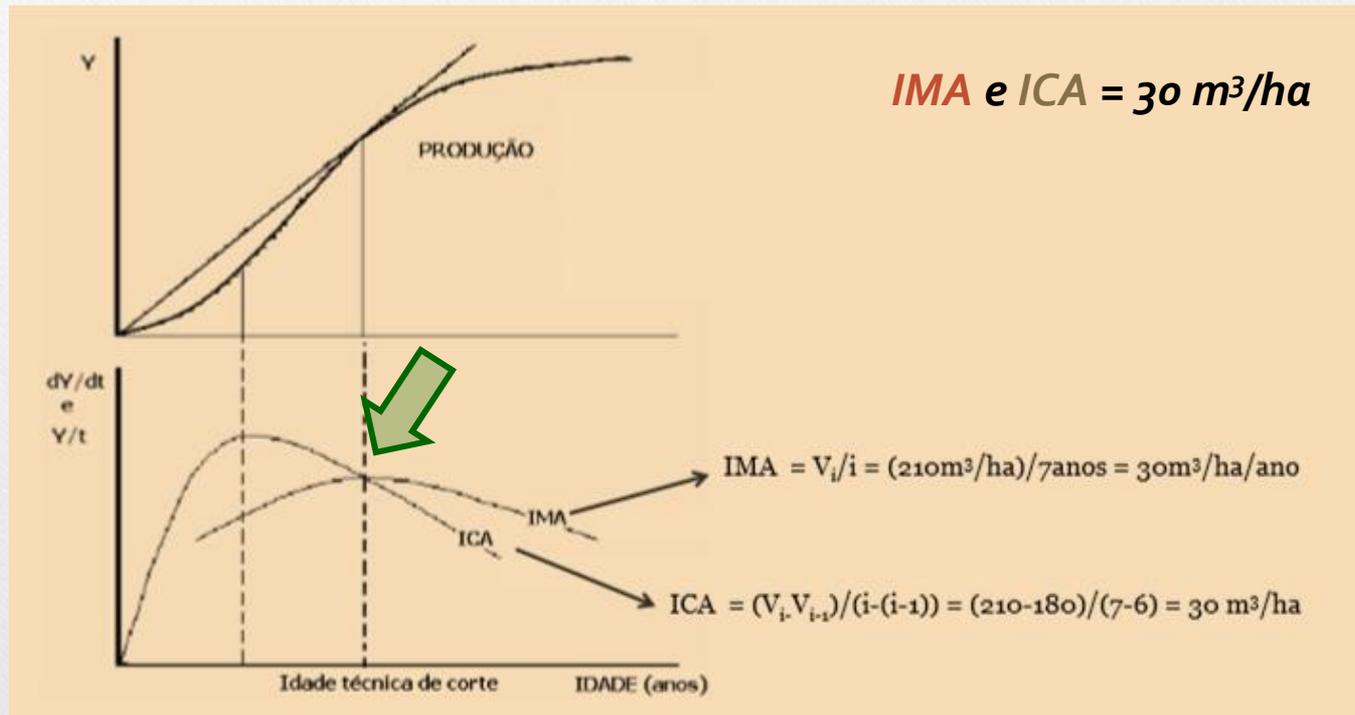


- A maioria das características dos povoamentos regulares está relacionada com a idade.
- Esta relação orienta as nossas decisões sobre quando tratar ou cortar o povoamento.

# Definindo Rotações Ótimas Florestais

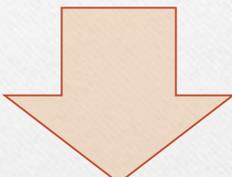
## □ Rotação de máxima produtividade volumétrica

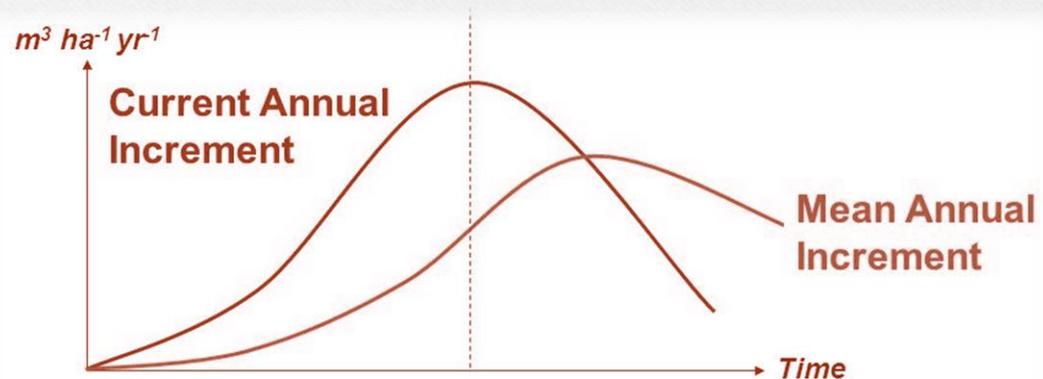
Refere-se a rotação que produz o maior volume anual de madeira. Idade em que o **Incremento médio anual (IMA)** é máximo e igual ao **Incremento corrente anual (ICA)**.



## | Incremento Médio Anual ( $IMA_a$ )

- É quanto a floresta cresceu em média por ano até uma idade ( $a$ )
- Pode ser calculado ao nível da árvore ou do povoamento, basta dividir o crescimento por hectare a determinada idade pela idade ( $a$ ):


$$IMA_a = \frac{Y_a}{a}$$



Um povoamento de pinheiro pode crescer em volume  $2000 \text{ m}^3/\text{ha}$  durante 10 anos. Se pensarmos em incremento anual, vamos considerar que o crescimento do povoamento é  $200 \text{ m}^3/\text{ha}$  por ano)

## | Incremento Médio Anual ( $IMA_a$ )

### Rotação Biológica



- ❑ Altera ao longo da vida da árvore e povoamento,
  - ✓ com taxas de crescimento lento inicialmente,
  - ✓ maiores taxas de crescimento na meia-idade de uma árvore ou povoamento,
  - ✓ taxas de crescimento decrescentes com idades mais avançadas.



Onde o **IMA** atinge o valor máximo é considerado **maturidade biológica**, é usado também como decisões para cortes finais (**rotação óptima biológica**).

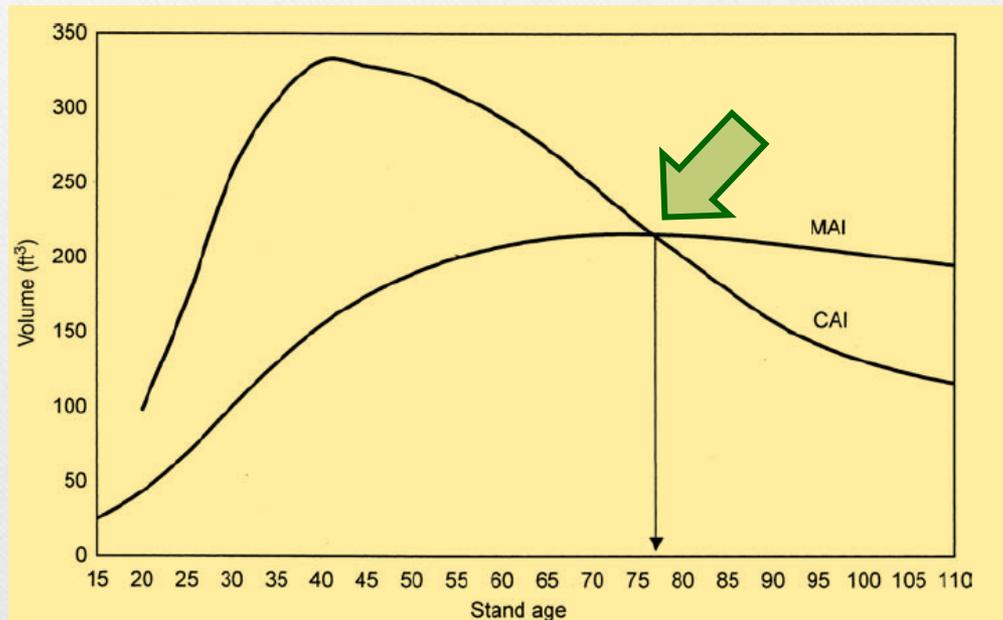
- Gerir baseado nesta rotação maximiza o volume de produção de madeira em determinada área ao longo do tempo.

## Rotação óptima Biológica

### | Intercepção do *IMA* com o *ICA*



- A idade onde o **IMA (MAI)** é máximo é conhecida como o Culminar do incremento médio anual (**CMAI**)



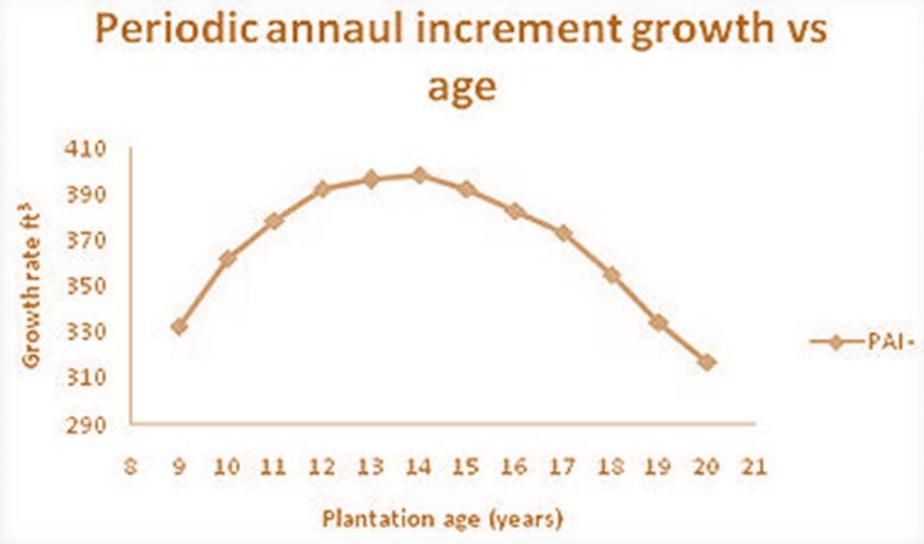
Idade da rotação biológica  
para este povoamento  
regular = 75 anos

## Incremento periódico anual (IPA)

- $(IPA_{a_1, a_2})$  é calculada normalmente para florestas naturais, onde a avaliação do crescimento ocorre em períodos superiores a um ano ( $a$ ). Onde esse período é um ano, cinco anos, uma década ou mais tempo.

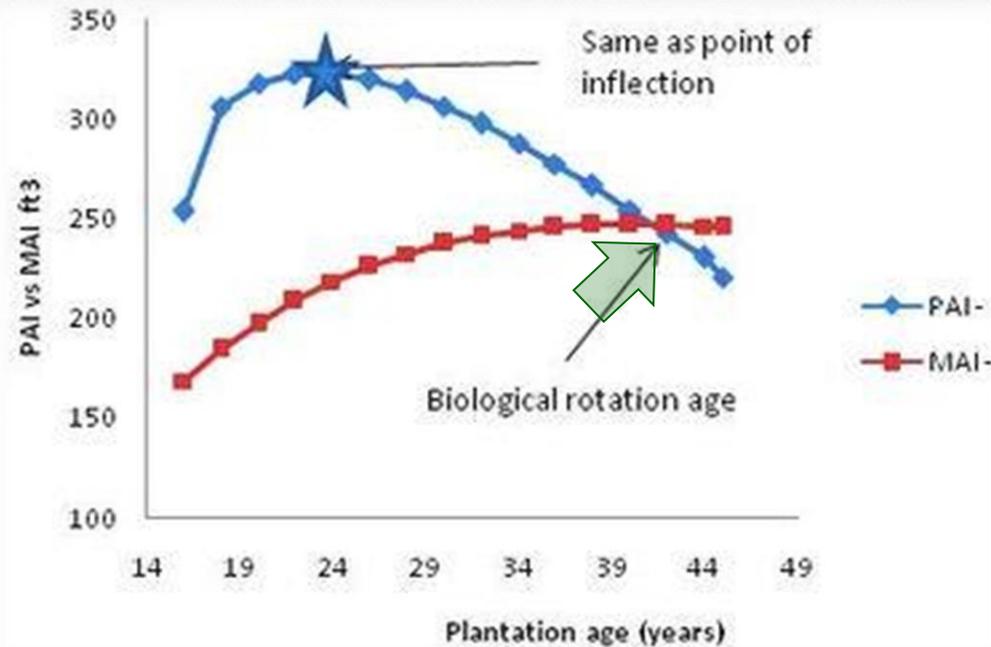
$$IPA_{a_1, a_2} = \frac{Y_{a_2} - Y_{a_1}}{a_2 - a_1}$$

- $Y_{a_2}$ , volume no final do período
- $Y_{a_1}$ , volume no início do período
- idades  $a_1$  até  $a_2$



## Rotação óptima Biológica

- Graficamente, o ponto onde a curva do IPA (ou curva do ICA, expresso ao nível do ano) e a curva do IMA se interceptam



**IPA versus IMA**  
Biological Rotation age  
for an even-aged stand

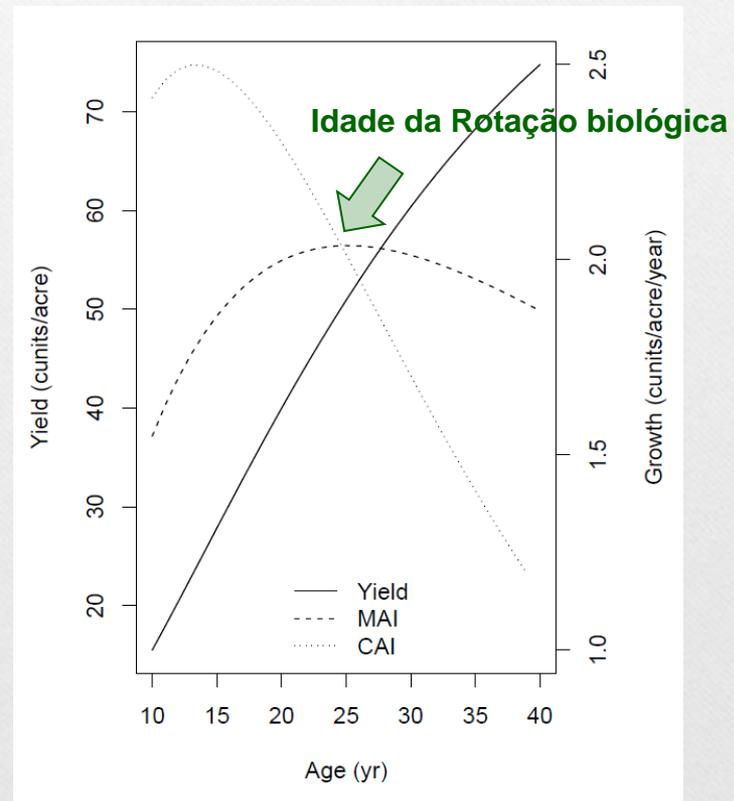


## Rotação óptima Biológica

## ICA versus IMA

- Graficamente, o ponto onde a curva do ICA e a curva do IMA se interceptam

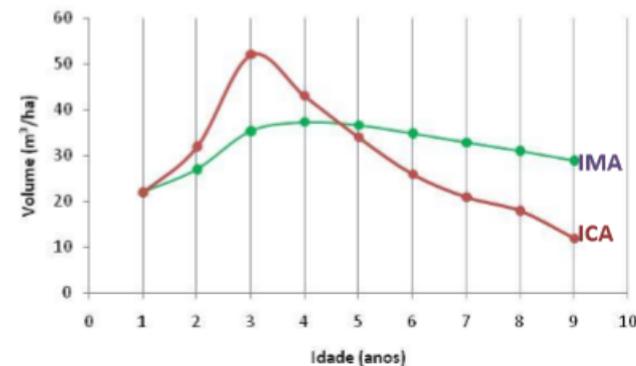
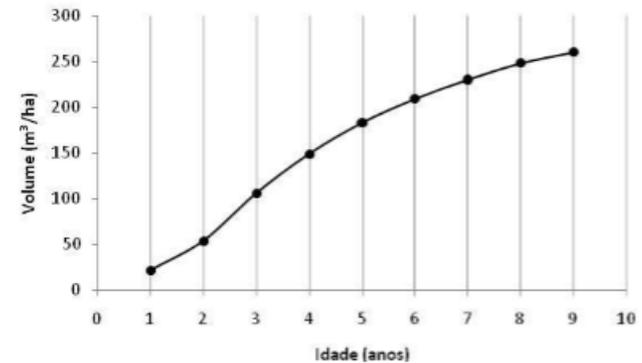
Age	Yield	MAI	CAI
10	15.48	1.55	2.42
11	17.90	1.63	2.46
12	20.36	1.70	2.49
13	22.84	1.76	2.50
14	25.34	1.81	2.50
15	27.84	1.86	2.48
16	30.32	1.90	2.46
17	32.79	1.93	2.43
18	35.22	1.96	2.39
19	37.61	1.98	2.35
20	39.96	2.00	2.30
21	42.26	2.01	2.25
22	44.51	2.02	2.19
23	46.70	2.03	2.13
24	48.83	2.03	2.07
25	50.91	2.04	2.01
26	52.92	2.04	1.95
27	54.87	2.03	1.89
28	56.76	2.03	1.83
...	...	...	...



## Rotação óptima Biológica (ou Técnica)

Ano	PFT (m <sup>3</sup> /ha)	PFMe (IMA) (m <sup>3</sup> /ha/ano)	PFMa (ICA) (m <sup>3</sup> /ha/ano)
0	-	-	-
1	22	22,00	22
2	54	27,00	32
3	106	35,33	52
4	149	37,25	43
5	183	36,60	34
6	209	24,03	26
7	230	32,06	21
8	248	31,00	18
9	260	28,89	12

ROTAÇÃO TÉCNICA



## | Taxas de Juro do crescimento

- ❑ A taxa de Juro composta ( $r_{y_{a_1, a_2}}$ ) de crescimento para o crescimento de madeira dá-nos a taxa média de crescimento do volume composto entre as idades  $a_1$  e  $a_2$ .
  - A taxa de Juro composta do crescimento para a madeira de um povoamento entre as idades  $a_1$  e  $a_2$  é calculada da seguinte forma:

(Porcentagem)

$$r_{y_{a_1, a_2}} = \left[ \sqrt[a_2 - a_1]{\frac{Y_{a_2}}{Y_{a_1}}} \right] - 1$$

- $Y_{a_2}$ , volume no final de um período
- $Y_{a_1}$ , volume no início do período
- idade  $a_1$  até  $a_2$

✓ A taxa de crescimento diminui drasticamente à medida que o povoamento envelhece.

## Múltiplas perspectivas para uma rotação óptima florestal



Quando um povoamento atinge...

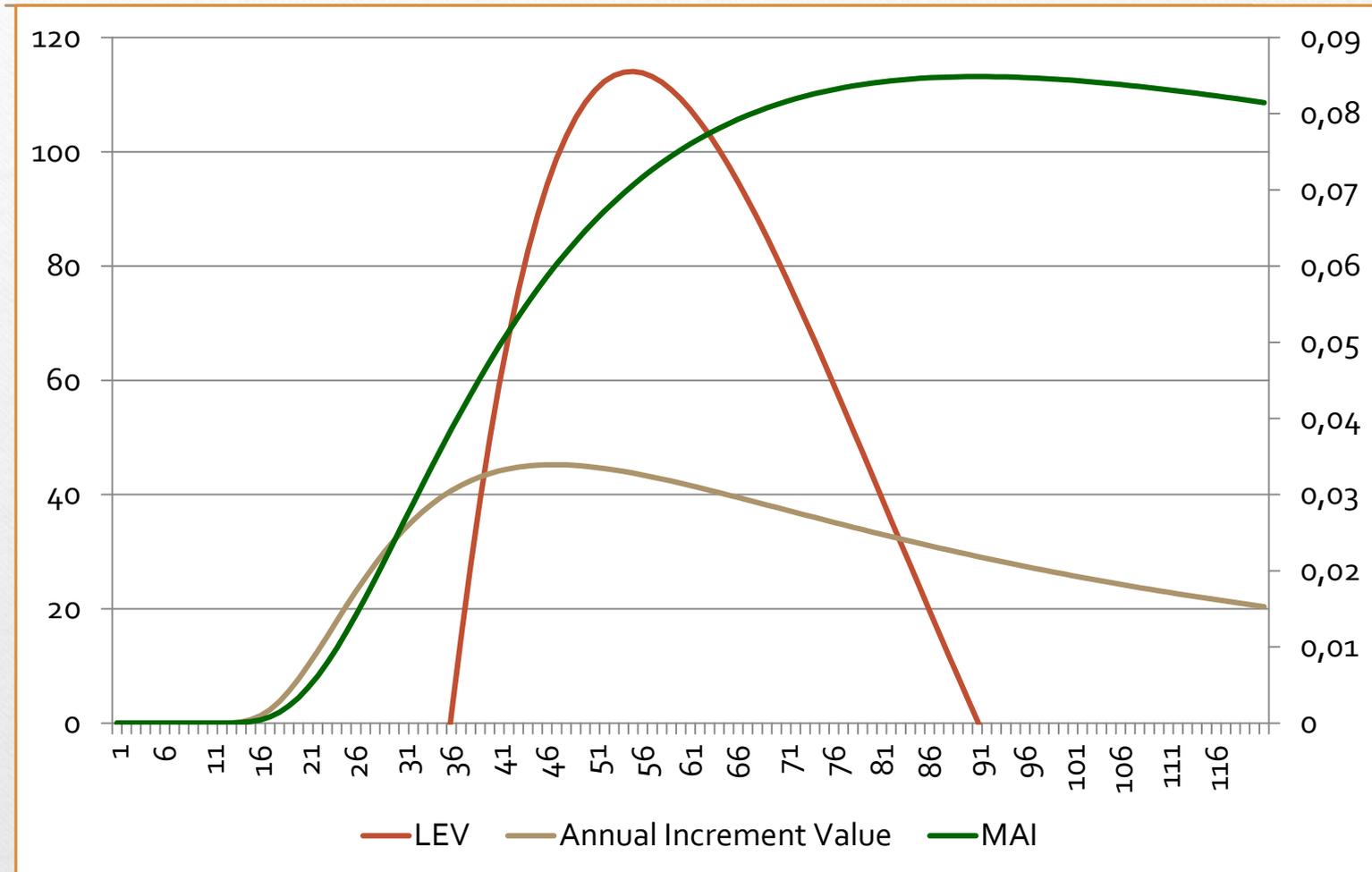
### Óptima Biológica /Técnica

- Máxima produção
- Crescimento anual máximo
- Idade correspondente ao rendimento Incremento médio anual máximo

### Óptima económica /Financeira

- A rotação que maximiza o **VET** /**VAL**
- Maturidade Financeira = Corte em idade que maximiza o **valor atual líquido (VAL)**. Valor de crescimento do povoamento = taxa de juros (capital custo de oportunidade)
- Considerando o **valor da terra (VET)** = Corte em idade que maximiza o valor presente líquido, valor considerando um horizonte de planeamento que se estende em perpetuidade (inclui o custo da oportunidade do capital da terra e da plantação)

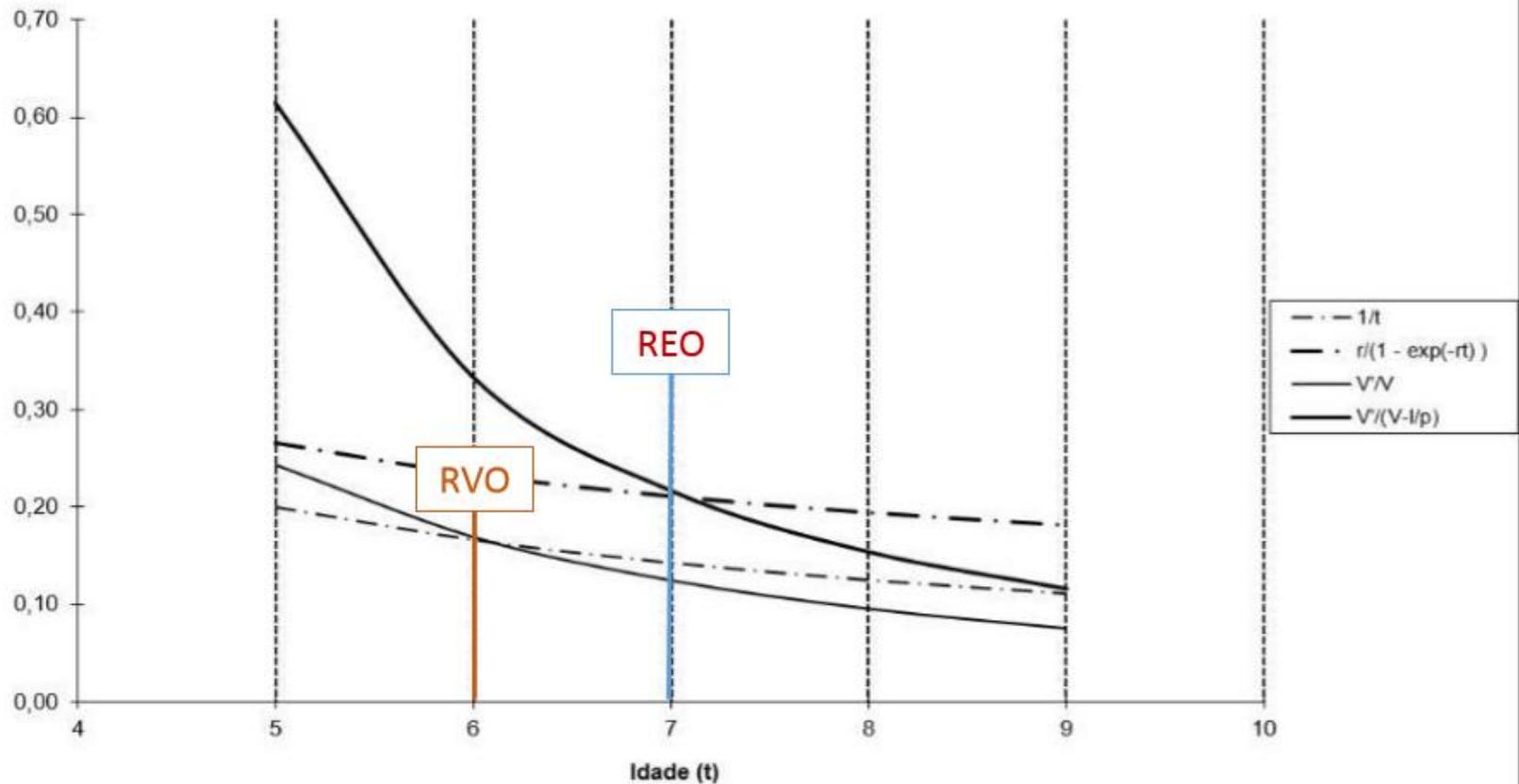
## Rotação Biológica *versus* rotação ótima económica



# Perspetivas para uma rotação ótima florestal

Análise Económica  
 $V'/(V-l/p) = r/(1-e^{-rt})$   
Análise Volumétrica  
 $V'/V = 1/t$

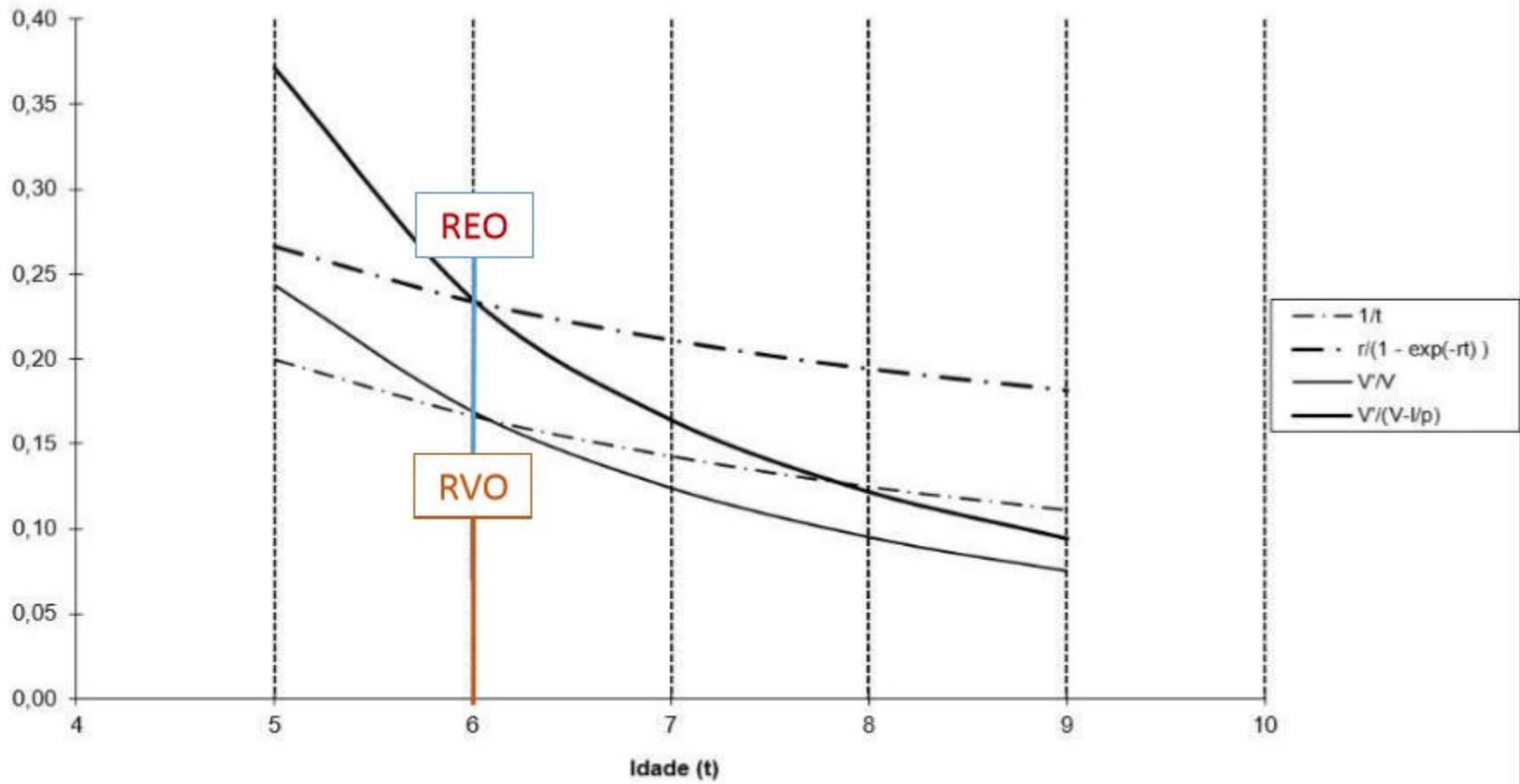
Taxa de Juros:	12%
Custo de Implantação:	7000,00
Preço da madeira:	52,00



# Perspetivas para uma rotação ótima florestal

Análise Económica  
 $V'/(V-l/p) = r/(1-e^{-rt})$   
Análise Volumétrica  
 $V'/V = 1/t$

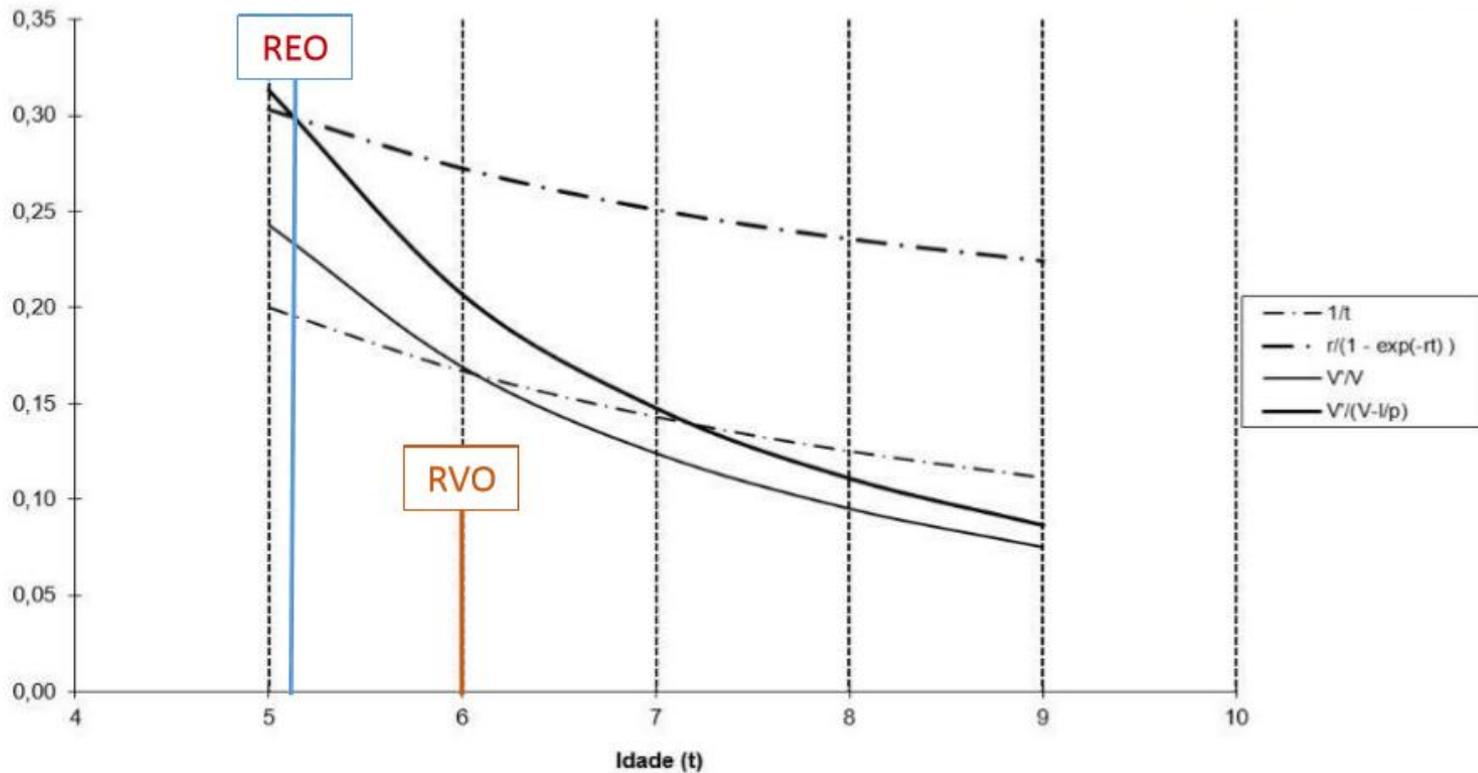
Taxa de Juros:	12%
Custo de Implantação:	4000,00
Preço da madeira:	52,00



# Perspetivas para uma rotação ótima florestal

Análise Económica  
 $V'/(V-l/p) = r/(1-e^{-rt})$   
Análise Volumétrica  
 $V'/V = 1/t$

Taxa de Juros:	18%
Custo de Implantação:	4000,00
Preço da madeira:	80,00



# Rotações Ótimas Florestais ?

## Múltiplas perspectivas para uma rotação óptima florestal



✓ **Rotação Biológica** > **rotação maturidade financeira** > **rotação VET**

- ✓ Quanto maior a taxa de juros → menor a rotação
- ✓ Maior o custo de oportunidade → menor a rotação



### Leitura recomendada:

**Deacon, Robert T. 1984.** "The Simple Analytics of Forest Economics" in R.T. Deacon and M.B. Johnson (eds.). *Forestlands, Public and Private*. Ballinger Publishing Co.

## |Tópico 4 Aula #3

### □ Planeamento da gestão de povoamentos puros e regulares

- O Valor da Floresta (VF)
- Exemplos :
  - Se cortarmos imediatamente o povoamento ?
  - Se aguardarmos para realizar o corte final ?
- A Formula do Valor da Floresta
- Separar o valor da terra e o valor da madeira
- O valor da floresta com preços variáveis

## Definição do Valor da Floresta

- É o valor presente, por unidade de área florestal, dos custos e receitas projetados , com ou sem a existência de um povoamento com madeira, no qual uma série infinita de idênticas futuras rotações de povoamentos regulares estarão a crescer.
- Inclui o valor das árvores e o valor da terra
- Ao contrário do **VET**, o **Valor da Floresta** pode ser usado em povoamentos irregulares sofrendo alguns ajustes



## □ Definição



- No caso de povoamentos florestais é assumido :
- Que o povoamento atual será cortado, agora ou em algum momento no future,
- existirá sempre um novo povoamento
- Todas as rotações futuras (após a rotação atual) serão idênticas, com rotações de igual comprimento e idênticos cash flows inerentes a rotação.

## ❑ Como é que o Valor da Floresta generaliza o VET?

- Aplica-se a propriedades florestais a qualquer momento do desenvolvimento e não apenas no início da rotação.
- Inclui o preço de ambos : **árvores** e **terra**
- Ele permite fazer suposições diferentes sobre a rotação atual daquelas feitas sobre rotações futuras.
- permite assumir que os preços mudarão, pelo menos durante a rotação atual.



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

| **Estão a considerar comprar uma área florestal com madeira que planeiam cortar imediatamente, com a intenção de regenerar o povoamento para futuros cortes de madeira.**

- A área florestal é de um povoamento de folhosas
- ...com 18 m<sup>3</sup> de madeira para serração e 14 m<sup>3</sup> /ha de madeira para polpa de celulose
- Os preços atuais são 325€/m<sup>3</sup>madeira serração e 7€/m<sup>3</sup>para a polpa de celulose.



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

Estão a considerar comprar uma área florestal com madeira que planeiam cortar imediatamente, com a intenção de regenerar o povoamento para futuros cortes de madeira.

- Questões:
- Quanto você pode pagar por esta área florestada?
- Qual é o valor da madeira nesta área florestal?
- Qual é o valor da terra?
- A madeira deve ser cortada agora?



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

## Se cortarmos agora a madeira vale:

- Valor da madeira =  $18\text{m}^3 \times 325\text{€} + 14\text{m}^3 \times 7\text{€} = 5948\text{€}$

Mas a aquisição da área florestal consiste em terra e madeira, por isso também precisamos saber o valor da terra ...

- Para calcular o valor da terra, precisamos calcular o VET para as rotações futuras



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

## □ Cálculo do valor da terra



- Para calcular o **VET** para as rotações futuras, precisamos de algumas informações adicionais sobre a gestão futura do Povoamento:
  - Regenerar o povoamento naturalmente, e não há custo de plantação.
  - Um corte de madeira será realizado em 30 anos, produzindo cerca de 12m<sup>3</sup> de madeira para polpa de celulose.
  - Em outros 30 anos (ou seja, aos 60 anos), o povoamento é cortado novamente produzindo 13m<sup>3</sup> de madeira de serração e 25m<sup>3</sup> de madeira para polpa.
  - Os impostos anuais sobre a propriedade são de 5€/ha
  - Pretende-se uma taxa real de retorno de investimento de pelo menos 5%.
  - Os preços reais e os custos de gestão permaneçam constantes.

# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

## □ Cálculo do valor da terra

- Para calcular o **VET** para as rotações futuras, precisamos de algumas informações adicionais sobre a gestão futura do Povoamento:

$$V_{\text{valor}} F_{\text{uturo}}'_{R1} = 12 \times 7\text{€} \times (1,05)^{30} + 13 \times 325\text{€} + 25 \times 7\text{€} \\ = 4763,04\text{€}$$

$$VET = \frac{VF_{R1}}{(1+r)^R - 1} - \frac{A}{r} = \frac{4763\text{€}}{(1,05)^{60} - 1} - \frac{5\text{€}}{0,05} = ?$$

$$VET = 169,42\text{€}$$



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

- ❑ Cortar agora o povoamento?

**Valor da floresta cortado agora** = Valor da madeira + Valor da terra = 5948€ + 169,42€ = 6.117,42€

- ❖ Neste caso é melhor cortar o povoamento agora ou devemos esperar?



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

## ❑ Aguardar para cortar o povoamento?

### ▪ Considere esperar 10 anos para cortar o povoamento

- Estimamos que o volume do povoamento aumente  $24\text{m}^3$  de madeira de serração e  $12\text{m}^3$  de madeira para celulose por hectare
- ❖ Recorde-se que o povoamento tinha  $18\text{m}^3$  de madeira e  $14\text{m}^3$  de madeira para pasta de celulose por hectare
- Vamos assumir que os preços se mantêm constantes
- Qual é o valor da floresta neste caso?



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

☐ Aguardar para cortar o povoamento daqui a 10 anos?

- Valor presente do primeiro corte (daqui a 10 anos podemos vender a madeira ):

$$\text{Valor da madeira} = \sum_{p=1}^2 P_p \cdot Y_{p,10}$$

$$= 325\text{€/m}^3 \times 24\text{m}^3 + 7\text{€/m}^3 \times 12\text{m}^3 = 7884\text{€}$$



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

- **Aguardar para cortar o povoamento daqui a 10 anos?**



- Obviamente, precisamos de esperar dez anos para conseguir esse valor de madeira, portanto esse valor precisa ser descontado:

$$VP_{Madeira} = \frac{7884\text{€}}{(1,05)^{10}} = 4840,09\text{€}$$



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta



- Custos que ocorrem antes do próximo corte?
- Os impostos deverão ser pagos sobre a propriedade nos próximos dez anos;

subtraindo o valor presente de dez pagamentos anuais de impostos:

$$VP_{taxas} = \frac{5€[(1,05)^{10} - 1]}{0,05 (1,05)^{10}} = 38,61€$$

Assim, o valor presente líquido para o restante da rotação atual é de:

$$4.801,48€ = 4.840,09€ - 38,61€$$

$VP_{Madeira}$   $VP_{taxas}$



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

## □ Contabilizar as rotações futuras ?



- Após o corte em dez anos, teremos solo nu;

O **VET** calculado inicialmente indicava que este valor do solo nu era **169.42 €**

- Isso dá-nos o valor descontado de todas as rotações futuras
- Mas é um valor futuro que ocorre em dez anos

O valor da terra nua (**VET**) também deve ser descontado por dez anos antes de ser adicionado ao valor presente da rotação atual:

$$VP_{VET} = \frac{169,2€}{(1,05)^{10}} = 104,01€$$



# EXEMPLO 1 . Valor da Floresta

## ■ Aguardar para cortar mais tarde ?

- O valor da floresta quando o corte é adiado:
  - o **valor presente** dos custos e receitas da rotação atual,
  - mais o valor presente de todas as rotações futuras.

O **Valor da Floresta** quando o corte é adiado por 10 anos:  
**4,905.49 € = 4,801.48€ + 104.01€**

❖ Comparando com o valor da floresta ser cortado agora = **6,117.42€**

❖ Perder-se-ia **1.211,93 €/ ha** se atrasarmos o corte por 10 anos!



## □ FORMULA

$$\text{Valor Floresta} = \frac{\sum_{p=1}^n P_p Y_{p,T_0}^C - C_h^C}{(1+r)^{T_0}} + \frac{A[(1+r)^{T_0} - 1]}{r(1+r)^{T_0}} + \frac{LEV}{(1+r)^{T_0}}$$

$T_0$  = o momento no tempo em que o povoamento atual deve ser cortado,

$Y_{Cp}, T_0$  = o rendimento esperado do produto  $p$  da posição atual no momento  $T_0$ ,

$ChC$  = o custo de venda da madeira do atual povoamento

- ❖ Se um povoamento for cortado agora (ou seja, se  $T_0 = 0$ ), a fórmula acima simplifica para:

$$\text{Valor Floresta} = \sum_{p=1}^n P_p Y_{p,0}^C - C_h + LEV$$

## |Tópico 4 Aula #4

### □ Planeamento da gestão de povoamentos puros e regulares

- O Valor da Floresta (VF)
- Exercícios de aplicação :
  - Se cortarmos imediatamente o povoamento ?
  - Se aguardarmos para realizar o corte final ?
  - Separar o valor da terra e o valor da madeira
  - O valor da floresta com preços variáveis
- Resolução do Problem set#6 - recurso a folha de cálculo

## Povoamentos puros e regulares – VET vs VF

### ❑ VALOR ESPERADO DA TERRA (VET)

- Bom método para estimar o valor do solo nú, usado essencialmente para produzir madeira.
- Bom método para avaliar alternativas de regimes de gestão ao longo de uma rotação completa.

### ❑ FOREST VALUE (FV)

- Útil para calcular o valor da terra + o valor da madeira
- Útil para avaliar alternativas de gestão quando já existe um povoamento.



## ❑ Material e exercícios preparados com base na bibliografia:

---

- Bettinger, P, K Boston, J. Siry, and D. Grebner (2009). Forest management and planning. San Diego, CA.
- Borges, J. G., L. Diaz-Balteiro, M. E. McDill, and L. C. Rodriguez (2014). The Management of Industrial Forest Plantations. Ed. by J. G. Borges, L. Diaz-Balteiro, M. E. McDill, and L. C. Rodriguez. Vol. 33. Managing Forest Ecosystems. Dordrecht: Springer, p. 543.
- Buongiorno, J. and J. K. Gilless (2003). Decision methods for forest resource management. Academic Press, p. 439.
- Clutter, J., J. Fortson, L. Pienaar, G. Brister, and R. Bailey (1983). Timber management: a quantitative approach. Colorado: Wiley & Sons, p. 333.
- Davis, L. S., K. N. Johnson, P. S. Bettinger, and T. E. Howard (2001). Forest management. New York: McGraw-Hill, p. 804.

## Atendimento

Envie um email para [bbotequim@isa.ulisboa.pt](mailto:bbotequim@isa.ulisboa.pt)  
com sugestões de horários/dias

---

O meu gabinete fica no **Forchange 0.12** , DRAT (CEF).