



Instituto Nacional de  
Investigação Agrária e  
Veterinária, I.P.

# MAXIMIZAÇÃO DO POTENCIAL PRODUTIVO DO PINHEIRO-BRAVO POR MELHORAMENTO GENÉTICO



**MARIA ISABEL CARRASQUINHO DE FREITAS**

Vouzela, 10 de julho de 2024

Conselho Geral do Centro de  
Competências do Pinheiro-Bravo



# PRR – TRANSFORM- P1.1

**MELHORAMENTO GENÉTICO E MATERIAIS FLORESTAIS DE REPRODUÇÃO.  
A1. MELHORAMENTO GENÉTICO DO PINHEIRO-BRAVO**

# PROJETO TRANSFORM P1.1

Melhoramento genético e Materiais  
Florestais de Reprodução.  
A1. Melhoramento do Pinheiro-Bravo

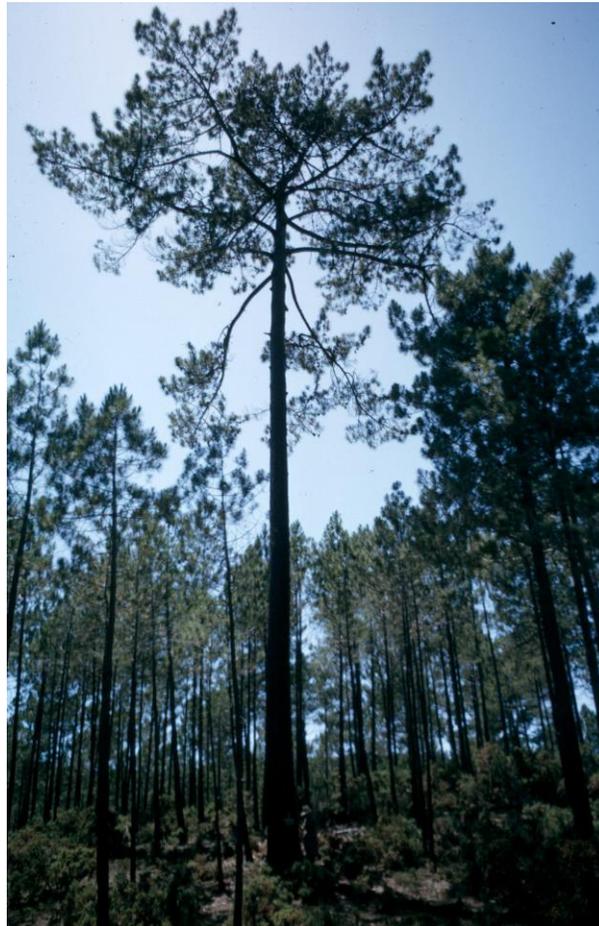


## ✓ OBJETIVOS

- 1) Estabelecer a segunda geração de melhoramento (F2);
- 2) Promover uma seleção genómica direcionada para avaliação do grau de suscetibilidade ao nemátode da madeira de pinheiro;
- 3) Aumentar a produção de MFR de qualidade genética superior;
- 4) Incrementar a conservação genética *ex situ*;
- 5) Atualizar a estratégia de melhoramento genético para o volume e forma da árvore.

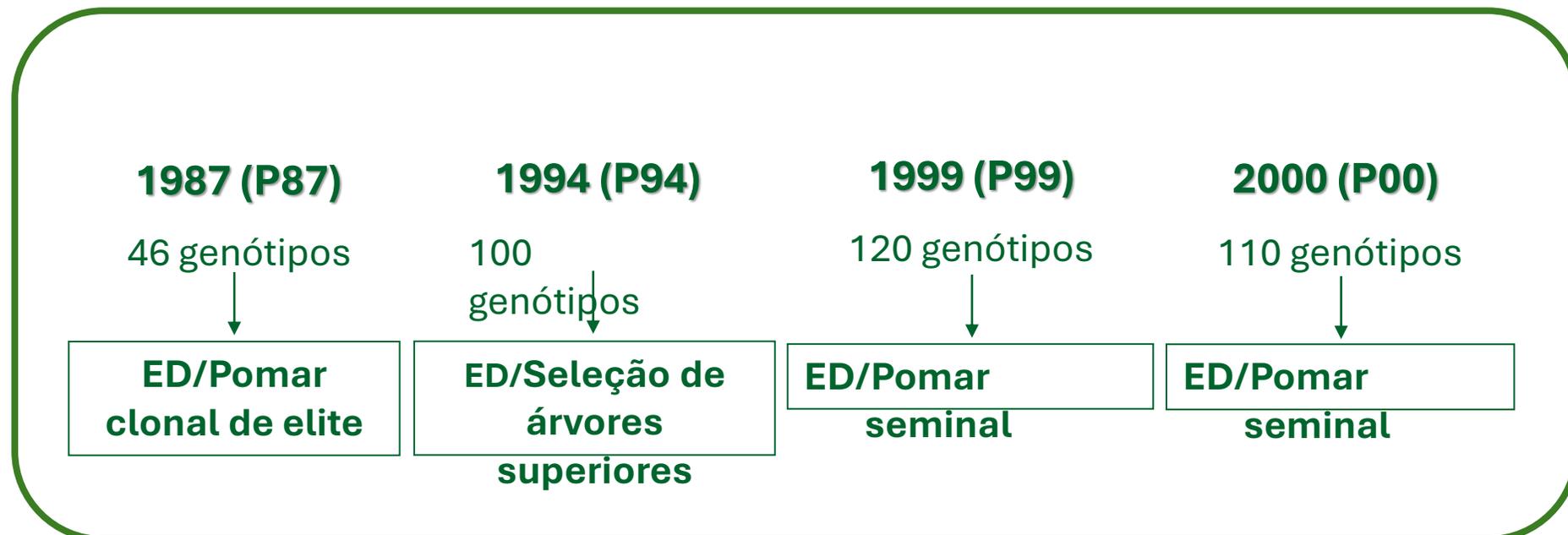
# ESTADO DA ARTE

- ✓ De 1963 a 1965, na Mata Nacional de Leiria, foram selecionadas 85 árvores “plus” por D. H. Perry.



# ESTADO DA ARTE

- ✓ Em 1987, foi delineada a primeira estratégia de melhoramento genético baseada na seleção de árvores *plus* da Mata Nacional de Leiria e estabelecido o 1º ensaio de descendências.
- ✓ Nos anos 90, novas seleções fenotípicas para o volume e forma da árvore foram realizadas pela área de distribuição da espécie no continente e estabelecidos novos ensaios de descendências.
- ✓ O historial das seleções fenotípicas conduziu à constituição de 4 populações de melhoramento:



# ESTADO DA ARTE

- ✓ Em 1999, a seleção genética dos 17 melhores progenitores, no ensaio de descendências da P87, permitiu o estabelecimento de um novo Pomar Clonal produtor de semente, cuja semente contribui com um ganho genético estimado de 21% em volume e 17% na forma do fuste.



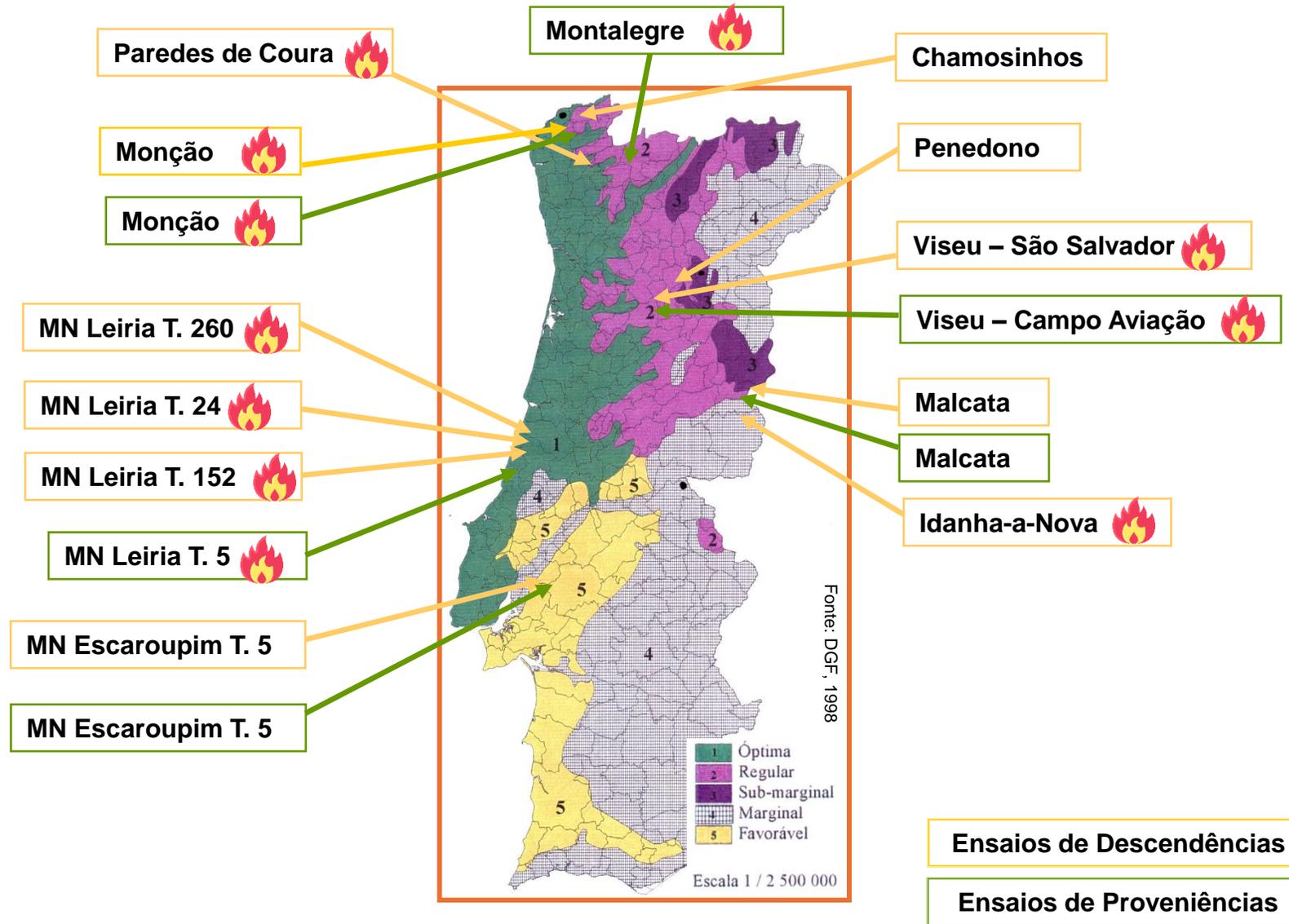
Ensaio de descendências 1987, Mata Nacional do Escaroupim



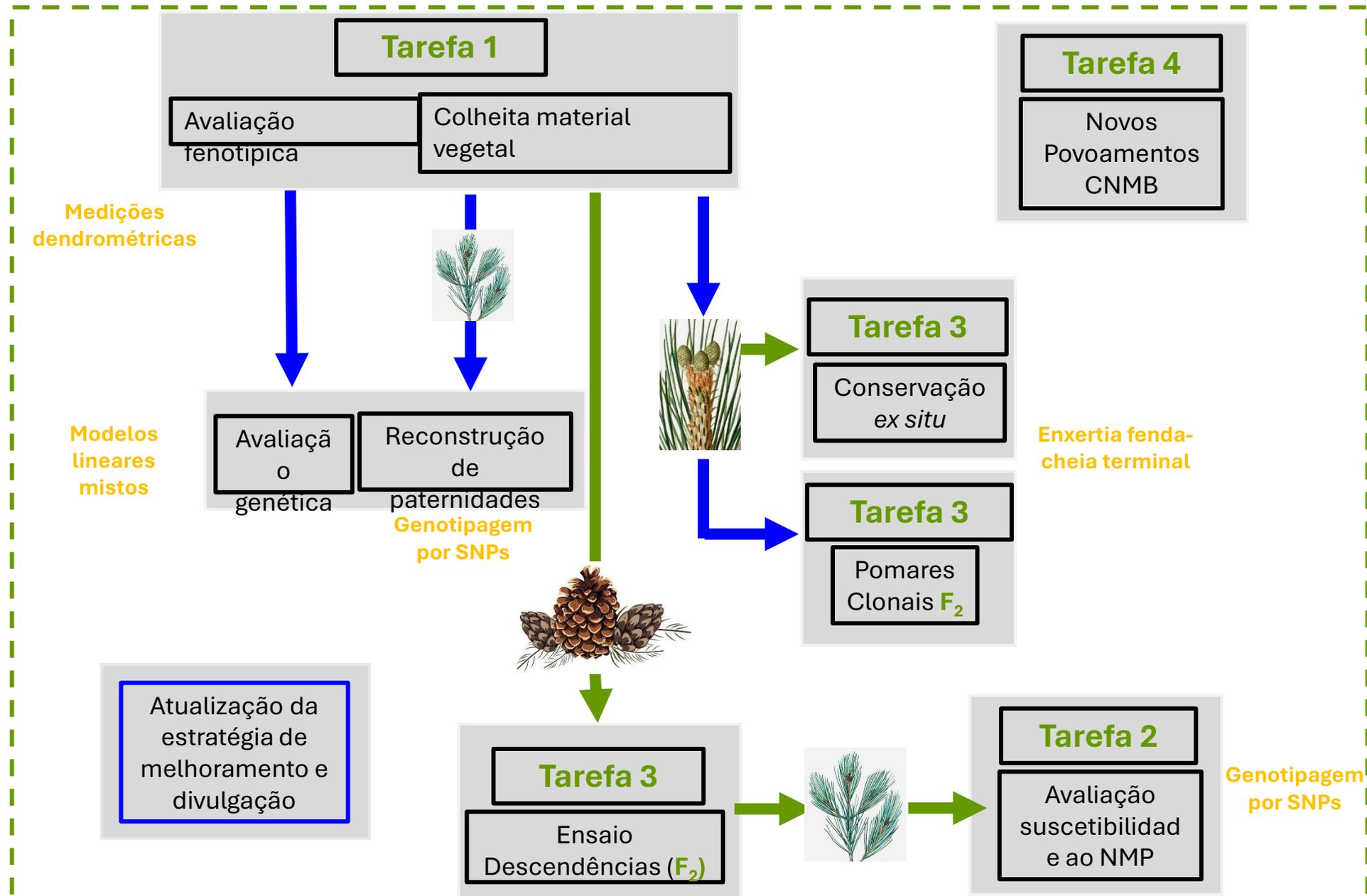
Pomar Clonal 2000, Mata Nacional do Escaroupim

- ✓ A identificação da Doença da Murchidão do Pinheiro (1999) e os fogos (2004-2017) condicionaram o desenvolvimento do programa de melhoramento genético estabelecido.

# ESTADO DA ARTE



# ATIVIDADES DO PROJETO



# Pomares Clonais produtores de Semente

## Delimitação experimental para o Pomar clonal da Mata Nacional das Dunas de Vagos

PINHEIRO BRAVO - DUNAS DE VAGOS, 2024

SPATIAL LATINIZED ROW-COLUMN DESIGN: 117 GENÓTIPOS -  $v = 117$   $k = 9$   $s = 13$   $r = 9$ ; Columns: 3-latinized groups = 3; Rows: 3-latinized groups = 3; SINGLE TREE PLOT



| REP1 | 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10 | 11  | 12 | 13 | REP4 | 1 | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |    |
|------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 1    | 44  | 96  | 3   | 89 | 99  | 107 | 102 | 55  | 88  | 37 | 26  | 51 | 14 |      | 1 | 60  | 114 | 72  | 101 | 22  | 93 | 85  | 27  | 59  | 21  | 12  | 17  | 13 |
| 2    | 46  | 86  | 23  | 82 | 11  | 8   | 79  | 90  | 69  | 64 | 91  | 39 | 73 |      | 2 | 117 | 113 | 100 | 83  | 62  | 63 | 111 | 30  | 32  | 29  | 92  | 16  | 6  |
| 3    | 45  | 104 | 116 | 56 | 40  | 75  | 80  | 54  | 70  | 15 | 4   | 71 | 42 |      | 3 | 76  | 10  | 18  | 31  | 43  | 7  | 84  | 97  | 109 | 25  | 95  | 57  | 65 |
| 4    | 49  | 83  | 30  | 12 | 20  | 24  | 57  | 109 | 78  | 19 | 103 | 32 | 59 |      | 4 | 54  | 51  | 41  | 69  | 40  | 73 | 88  | 56  | 34  | 37  | 105 | 107 | 50 |
| 5    | 94  | 52  | 117 | 33 | 25  | 100 | 81  | 63  | 110 | 76 | 48  | 66 | 5  |      | 5 | 36  | 75  | 74  | 14  | 90  | 68 | 35  | 115 | 2   | 55  | 70  | 53  | 38 |
| 6    | 65  | 108 | 28  | 31 | 72  | 47  | 85  | 77  | 43  | 6  | 27  | 87 | 1  |      | 6 | 106 | 9   | 61  | 67  | 89  | 45 | 58  | 112 | 64  | 98  | 23  | 4   | 86 |
| 7    | 114 | 2   | 29  | 36 | 58  | 106 | 7   | 41  | 35  | 95 | 53  | 97 | 61 |      | 7 | 66  | 46  | 79  | 110 | 96  | 48 | 82  | 3   | 99  | 116 | 108 | 94  | 20 |
| 8    | 84  | 62  | 60  | 9  | 17  | 93  | 74  | 98  | 113 | 68 | 112 | 67 | 13 |      | 8 | 19  | 11  | 78  | 102 | 80  | 77 | 39  | 15  | 49  | 8   | 5   | 33  | 47 |
| 9    | 34  | 10  | 115 | 50 | 101 | 92  | 21  | 111 | 18  | 22 | 105 | 38 | 16 |      | 9 | 44  | 28  | 104 | 24  | 103 | 71 | 1   | 52  | 81  | 87  | 26  | 91  | 42 |



| REP3 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6  | 7   | 8  | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | REP6 | 1   | 2   | 3   | 4    | 5   | 6   | 7  | 8   | 9   | 10 | 11  | 12  | 13  |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| 1    | 66  | 74  | 82  | 102 | 80  | 51 | 84  | 61 | 104 | 20  | 56  | 17  | 32  | 1    | 7   | 93  | 13  | 9    | 27  | 111 | 91 | 83  | 71  | 15 | 65  | 10  | 14  |
| 2    | 47  | 106 | 53  | 39  | 31  | 57 | 45  | 26 | 50  | 43  | 69  | 113 | 79  | 2    | 3   | 8   | 86  | 95   | 36  | 107 | 22 | 4   | 12  | 96 | 100 | 72  | 1   |
| 3    | 105 | 34  | 54  | 6   | 110 | 62 | 24* | 68 | 19  | 117 | 81  | 85  | 109 | 3    | 21* | 52  | 99  | 18** | 23  | 87  | 41 | 77  | 45  | 76 | 94  | 67  | 24  |
| 4    | 99  | 94  | 103 | 112 | 29  | 52 | 9   | 30 | 23  | 1   | 46  | 100 | 11  | 4    | 40  | 115 | 33  | 78   | 2   | 26  | 18 | 102 | 116 | 75 | 62  | 64  | 105 |
| 5    | 95  | 89  | 70  | 60  | 7   | 98 | 4   | 10 | 73  | 21  | 41  | 88  | 83  | 5    | 59  | 25  | 90  | 108  | 47  | 113 | 44 | 51  | 74  | 35 | 69  | 54  | 106 |
| 6    | 107 | 58  | 42  | 27  | 114 | 49 | 5   | 15 | 38  | 55  | 92  | 90  | 76  | 6    | 63  | 82  | 31  | 85   | 97  | 37  | 20 | 80  | 110 | 81 | 28  | 101 | 56  |
| 7    | 35  | 16  | 48  | 8   | 91  | 28 | 71  | 40 | 101 | 12  | 108 | 13  | 115 | 7    | 88  | 57  | 112 | 30   | 50  | 42  | 79 | 104 | 114 | 55 | 109 | 19  | 61  |
| 8    | 72  | 14  | 67  | 64  | 86  | 97 | 96  | 18 | 93  | 111 | 3   | 77  | 33  | 8    | 8   | 43  | 70  | 34   | 27* | 49  | 68 | 92  | 103 | 66 | 39  | 89  | 11  |
| 9    | 63  | 37  | 75  | 59  | 78  | 22 | 44  | 36 | 65  | 2   | 25  | 116 | 87  | 9    | 38  | 32  | 73  | 53   | 84  | 60  | 5  | 6   | 29  | 58 | 117 | 46  | 98  |

|     |    |               |
|-----|----|---------------|
| 0%  | 0  | Enxertadas    |
| 36% | 42 | Campanha 2025 |
| 22% | 26 | Falhas        |
| 3%  | 4  | Não Enxertado |
| 17% | 20 | Vivos         |
| 21% | 25 | Mortos        |

|     |     |               |
|-----|-----|---------------|
| 0%  | 0   | Enxertadas    |
| 48% | 56  | Campanha 2025 |
| 20% | 23  | Falhas        |
| 0%  | 0   | Não Enxertado |
| 16% | 19  | Vivos         |
| 16% | 19  | Mortos        |
|     | 117 |               |

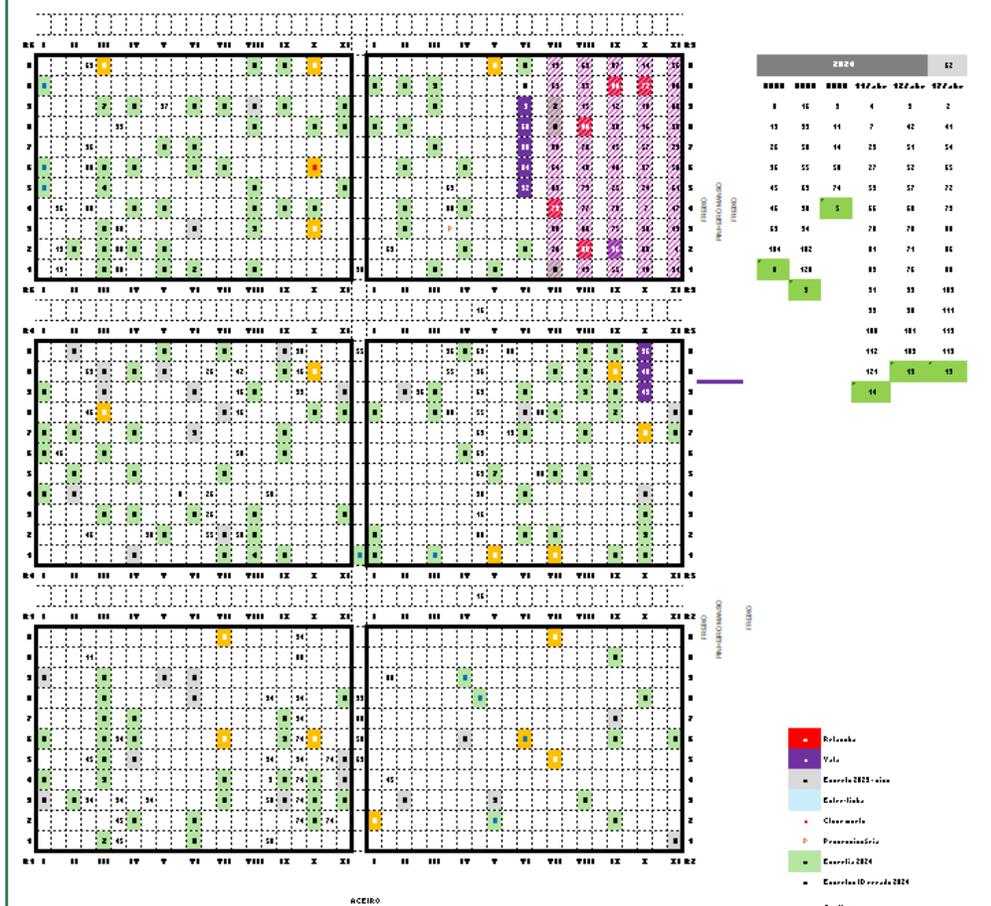
**Campanha 2024**

# Delimitação experimental para o Pomar clonal do Perímetro Florestal de Alva de Pataias

CycDesignN  
 Resolvable  
 Row-column  
 $v = 121$   $k = 11$   $s = 11$   $r = 6$   
 Single factor  
 Columns: 3-latinized groups = 2  
 Rows: 3-latinized groups = 3  
 Spatial  
 Spreadsheet headings  
 rep column row treatment  
 SINGLE TREE PLOT



| rep |      |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     | rep |    |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
|     | 1    |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |     | 4  |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|     | colu | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9   | 10  | 11  |    | colu | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11 |
|     | mn   |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |     |    | mn   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|     | row  |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |     |    | row  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
| 1   | 98   | 53  | 19  | 89  | 28  | 91  | 56  | 79  | 50 | 108 | 81  |     | 1  | 94   | 46  | 95  | 103 | 3   | 66  | 70  | 37  | 39  | 1   | 115 |    |
| 2   | 13   | 48  | 63  | 76  | 75  | 43  | 105 | 4   | 5  | 49  | 32  |     | 2  | 6    | 7   | 107 | 104 | 119 | 25  | 93  | 114 | 20  | 120 | 102 |    |
| 3   | 2    | 87  | 61  | 9   | 72  | 42  | 80  | 59  | 52 | 77  | 62  |     | 3  | 57   | 109 | 99  | 47  | 44  | 101 | 16  | 69  | 26  | 58  | 117 |    |
| 4   | 92   | 78  | 97  | 30  | 46  | 99  | 73  | 25  | 6  | 51  | 18  |     | 4  | 63   | 84  | 89  | 2   | 71  | 35  | 121 | 17  | 56  | 108 | 96  |    |
| 5   | 94   | 106 | 102 | 66  | 119 | 86  | 60  | 22  | 90 | 74  | 58  |     | 5  | 33   | 112 | 24  | 75  | 40  | 12  | 67  | 68  | 118 | 29  | 11  |    |
| 6   | 23   | 88  | 54  | 20  | 117 | 10  | 103 | 8   | 55 | 95  | 64  |     | 6  | 100  | 34  | 80  | 79  | 49  | 110 | 9   | 13  | 45  | 21  | 81  |    |
| 7   | 120  | 118 | 101 | 57  | 110 | 104 | 85  | 115 | 96 | 15  | 36  |     | 7  | 41   | 55  | 19  | 30  | 73  | 91  | 48  | 74  | 54  | 32  | 14  |    |
| 8   | 12   | 37  | 67  | 44  | 29  | 100 | 114 | 71  | 47 | 34  | 112 |     | 8  | 4    | 86  | 78  | 65  | 87  | 64  | 50  | 82  | 72  | 38  | 51  |    |
| 9   | 24   | 1   | 69  | 111 | 107 | 3   | 11  | 84  | 21 | 116 | 7   |     | 9  | 27   | 83  | 22  | 105 | 10  | 52  | 23  | 28  | 31  | 113 | 42  |    |
| 10  | 109  | 41  | 70  | 113 | 27  | 17  | 38  | 93  | 40 | 26  | 68  |     | 10 | 60   | 15  | 5   | 106 | 61  | 77  | 18  | 111 | 92  | 8   | 53  |    |
| 11  | 121  | 83  | 65  | 39  | 16  | 45  | 35  | 14  | 82 | 33  | 31  |     | 11 | 62   | 85  | 98  | 116 | 36  | 88  | 43  | 59  | 90  | 97  | 76  |    |



# PRR – RESINA NATURAL 21

I1.M1

PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DO PINHEIRO-BRAVO  
ESPECÍFICO PARA A RESINAGEM

# PROJETO 2

Programa de  
melhoramento genético do  
pinheiro-bravo específico  
para a resinagem



## ✓ OBJETIVOS

- 1) Conhecimento da variabilidade genética existente para as características produção de resina;
- 2) Seleção genética de um conjunto de genótipos superiores;
- 3) Conservação *ex situ* da diversidade genética existente;
- 4) Delineamento de um programa de melhoramento genético para produção de resina.

# ESTADO DA ARTE



Produção de resina no ensaio clonal de pinheiro-bravo na Mata Nacional de Escaroupim

Pedro António Calamote de Almeida

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

Orientadoras: Professora Doutora Ana Paula Soares Marques de Carvalho  
Doutora Maria Isabel Carrasquinho de Freitas

Júri:

Presidente: Professora Doutora Joana Amaral Paulo  
Vogal: Professora Doutora Ana Paula Soares Marques de Carvalho  
Vogal: Professor Doutor Filipe Miguel de Carvalho Costa e Silva

2023 LISBOA UNIVERSIDADE DE LISBOA



Fotos: P. Soares

Quadro 14 - Ordenação decrescente do melhor preditor linear não enviesado empírico (EBLUP) dos efeitos dos clones para a variável produção de resina por clone, em cada uma das duas Áreas individualizadas e em conjunto, do Pomar clonal produtor de sementes

| Ordenação | Área I |                   | Área II |                   | Área I e II |                   |
|-----------|--------|-------------------|---------|-------------------|-------------|-------------------|
|           | Clone  | EBLUP (kg/árvore) | Clone   | EBLUP (kg/árvore) | Clone       | EBLUP (kg/árvore) |
| 1         | 13     | 2,560             | 13      | 1,902             | 13          | 1,961             |
| 2         | 59     | 1,929             | 20      | 1,184             | 59          | 1,468             |
| 3         | 50     | 1,802             | 59      | 1,153             | 48          | 0,954             |
| 4         | 48     | 1,424             | 16      | 0,799             | 33          | 0,761             |
| 5         | 19     | 1,173             | 33      | 0,739             | 82          | 0,557             |
| 6         | 46     | 0,986             | 48      | 0,702             | 10          | 0,372             |
| 7         | 33     | 0,893             | 82      | 0,619             | 31          | 0,330             |
| 8         | 10     | 0,861             | 39      | 0,417             | 20          | 0,274             |
| 9         | 81     | 0,750             | 79      | 0,266             | 8           | 0,215             |
| 10        | 31     | 0,618             | 40      | 0,233             | 40          | 0,126             |
| 11        | 82     | 0,511             | 25      | 0,214             | 39          | 0,097             |
| 12        | 61     | 0,509             | 5       | 0,203             | 54          | 0,043             |
| 13        | 49     | 0,438             | 8       | 0,099             | 78          | -0,043            |
| 14        | 8      | 0,370             | 31      | 0,093             | 15          | -0,104            |
| 15        | 15     | 0,228             | 32      | 0,076             | 23          | -0,151            |
| 16        | 54     | 0,110             | 78      | 0,062             | 45          | -0,159            |
| 17        | 29     | 0,085             | 10      | -0,041            | 35          | -0,233            |
| 18        | 63     | 0,049             | 54      | -0,070            | 80          | -0,294            |
| 19        | 35     | 0,034             | 9       | -0,159            | 68          | -0,297            |
| 20        | 45     | 0,032             | 17      | -0,184            | 30          | -0,317            |
| 21        | 23     | -0,059            | 68      | -0,234            | 18          | -0,405            |
| 22        | 80     | -0,079            | 23      | -0,259            | 32          | -0,420            |
| 23        | 78     | -0,111            | 7       | -0,345            | 17          | -0,431            |
| 24        | 30     | -0,136            | 45      | -0,359            | 7           | -0,447            |
| 25        | 40     | -0,203            | 18      | -0,396            | 73          | -0,550            |
| 26        | 39     | -0,319            | 55      | -0,397            | 60          | -0,692            |
| 27        | 41     | -0,359            | 35      | -0,430            | 14          | -0,814            |
| 28        | 24     | -0,383            | 73      | -0,432            | 51          | -0,820            |
| 29        | 18     | -0,470            | 15      | -0,454            | 76          | -0,976            |
| 30        | 68     | -0,506            | 80      | -0,460            |             |                   |
| 31        | 7      | -0,565            | 30      | -0,519            |             |                   |
| 32        | 56     | -0,669            | 60      | -0,519            |             |                   |
| 33        | 17     | -0,695            | 14      | -0,746            |             |                   |
| 34        | 73     | -0,696            | 51      | -0,849            |             |                   |
| 35        | 51     | -0,895            | 76      | -0,886            |             |                   |
| 36        | 20     | -0,904            | 12      | -1,024            |             |                   |
| 37        | 75     | -0,980            |         |                   |             |                   |
| 38        | 58     | -1,029            |         |                   |             |                   |
| 39        | 14     | -1,039            |         |                   |             |                   |
| 40        | 60     | -1,080            |         |                   |             |                   |
| 41        | 32     | -1,181            |         |                   |             |                   |
| 42        | 76     | -1,223            |         |                   |             |                   |
| 43        | 34     | -1,779            |         |                   |             |                   |

Produção média de resina=  
2,52 kg /árvore.ferida

$H^2 = 0,77$  e  $0,88$   
 $i = 32,6\%$



Ganho genético= 37,3%  
(Área 1)

# ATIVIDADES

## Atividade 1 Seleção massal genotípica

Área de distribuição

**Pinheiro-bravo**

7 Regiões Proveniência  
+  
4 Regiões área restrita

Base de dados com  
a caracterização  
dos genótipos

Identificação genótipos  
representativos da  
variabilidade existente  
para cada espécie

## Ensaio Clonal

- Locais
- Delineamento experimental



## Seleção Policlonal

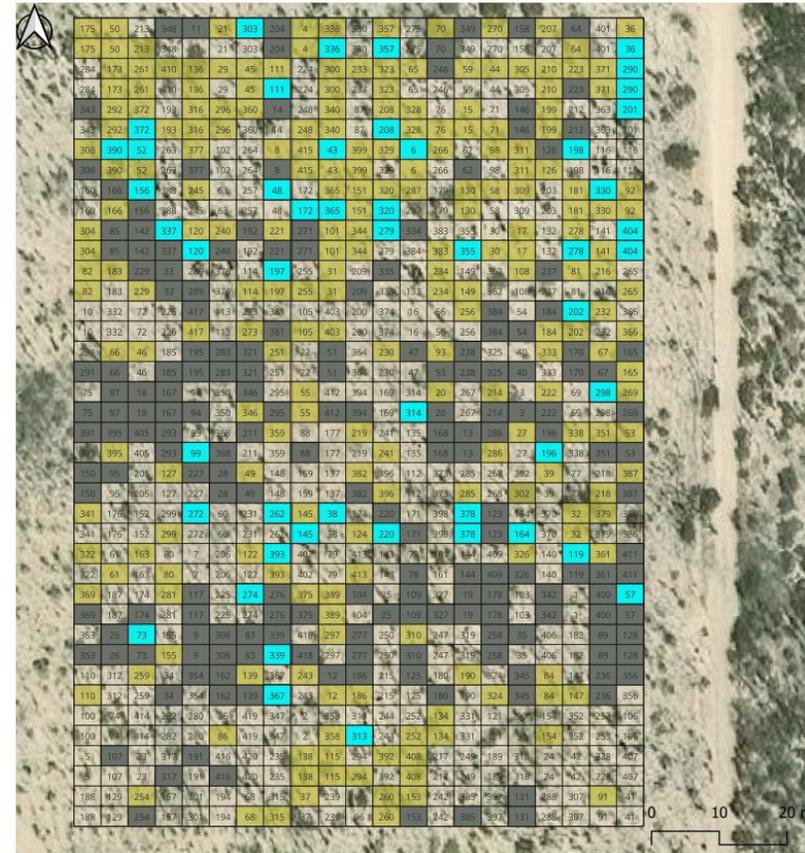
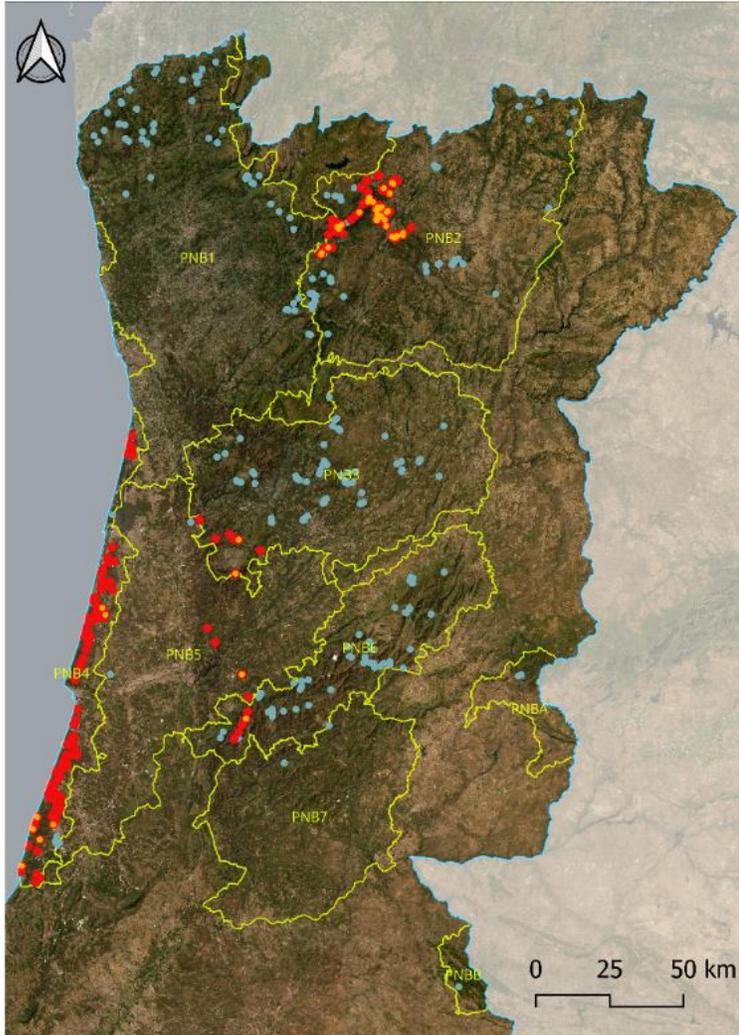
- Potencial de resina  
(Microresinagem)
- Avaliação genética  
(Modelos Lineares Mistos)

## Atividade 2 Pomares Clonais

- Seleção de locais
- Instalação de cavalos e de  
faixas de abrigo

## Atividade 3 Estudos de Associações

- Fenótipo/Genótipo
- Plataforma de marcadores



- INIAV
- Proposta\_Blocos\_120x84
- Enxertias (Sucesso) [2024]
- 1
- Cavalo Viável [2024]
- 1
- Árvore Morta [2024]
- 1
  - 1
- BaseMap
- High Resolution 30cm Imagery
- High Resolution 30cm Imagery

420 árvores identificadas





**OBRIGADA!**