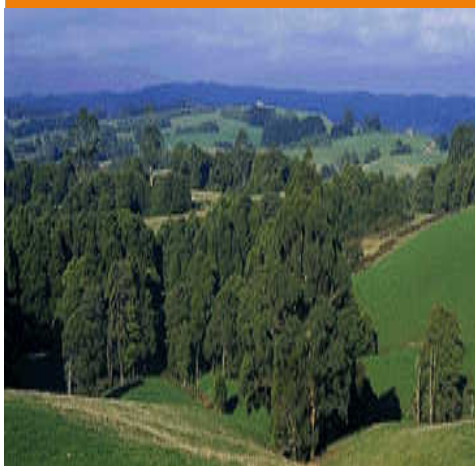


USP



## Plasticidade, adaptação e estratégias de melhoramento



Prof. Weber A. Neves do  
Amaral – ESALQ - USP

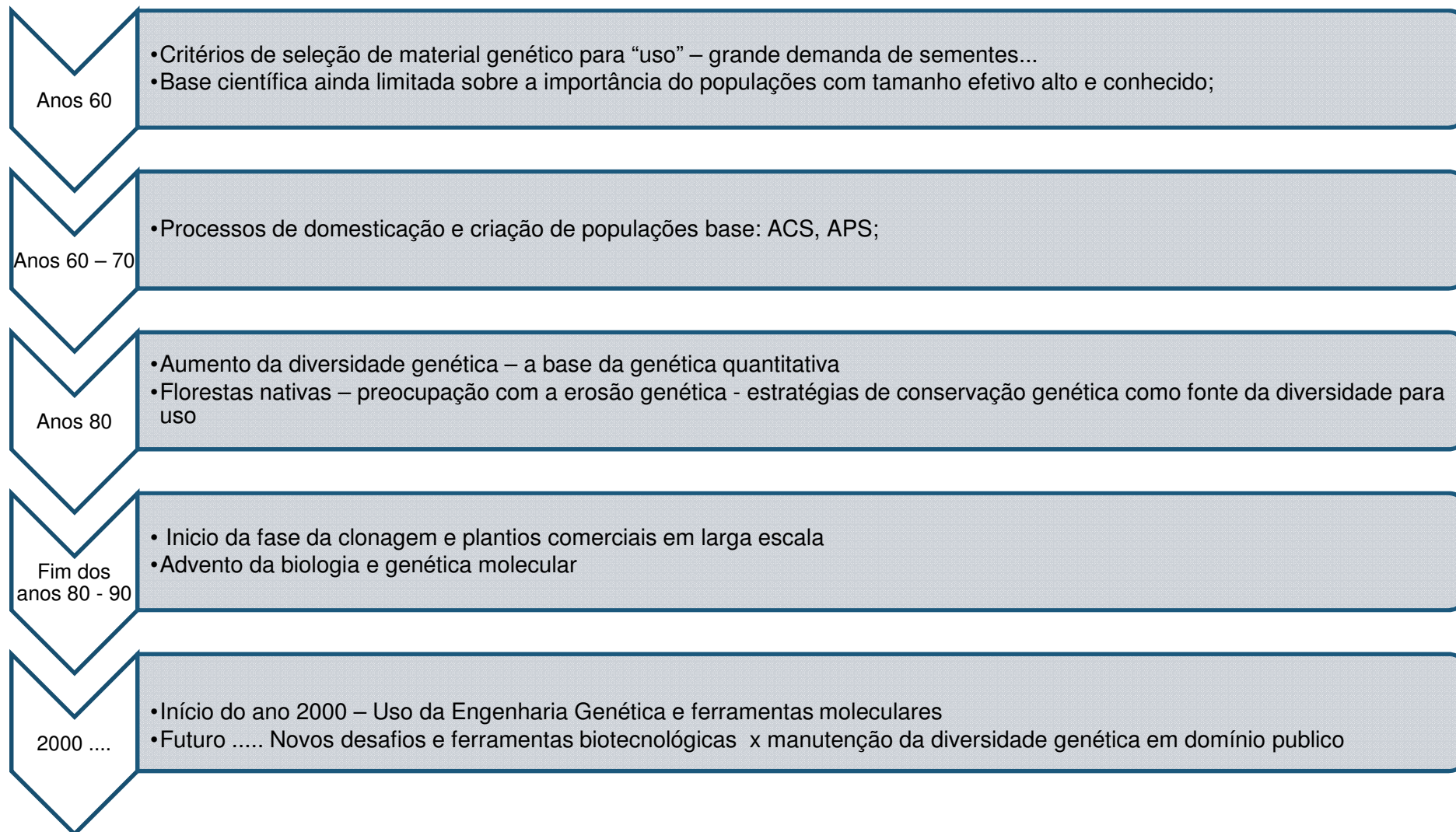
Reunião  
Workshop Melhoramento e PTSM –  
Botucatu - Agosto

## **Roteiro**

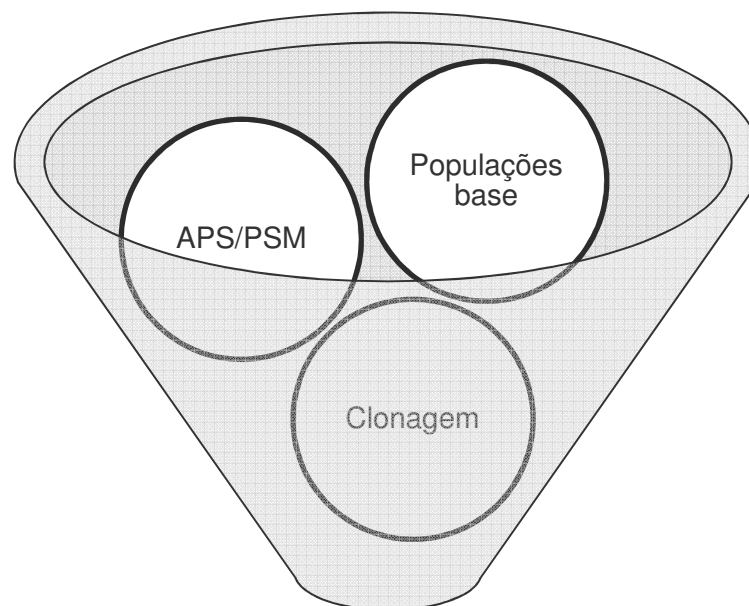
- Contexto atual
- Bases teóricas da plasticidade e respostas à déficit hídrico
- Reflexões sobre a necessidade de uma visão integradora e estratégica entre áreas

- Faculdades de Engenharia Florestal no mundo – re-pensando e revendo suas agendas devidos a novos temas emergentes
- Mudanças climáticas
- Uso sustentado da biodiversidade – diversidade genética é a base desta piramide
- Biologia sintética – novos organismos...
- Novas demandas: bioenergia e biorrefinarias
- Manejo florestal sustentado
- Serviços ambientais
- Agregação de valor aos produtos madeireiros e não-madeireiros
- Aproveitamento de resíduos e co-produtos
- Sustentabilidade dos atuais modelos das plantações florestais – uso da água, fertilizantes, solo, manejo de pragas e doenças – indicadores de sustentabilidade na pratica
- Uso de ferramentas avançadas para gestão florestal
- Desenho de novas políticas publicas e de uma nova geopolítica mundial....  
Oportunidades para o Brasil

## Breve histórico sobre a evolução da genética e melhoramento florestal

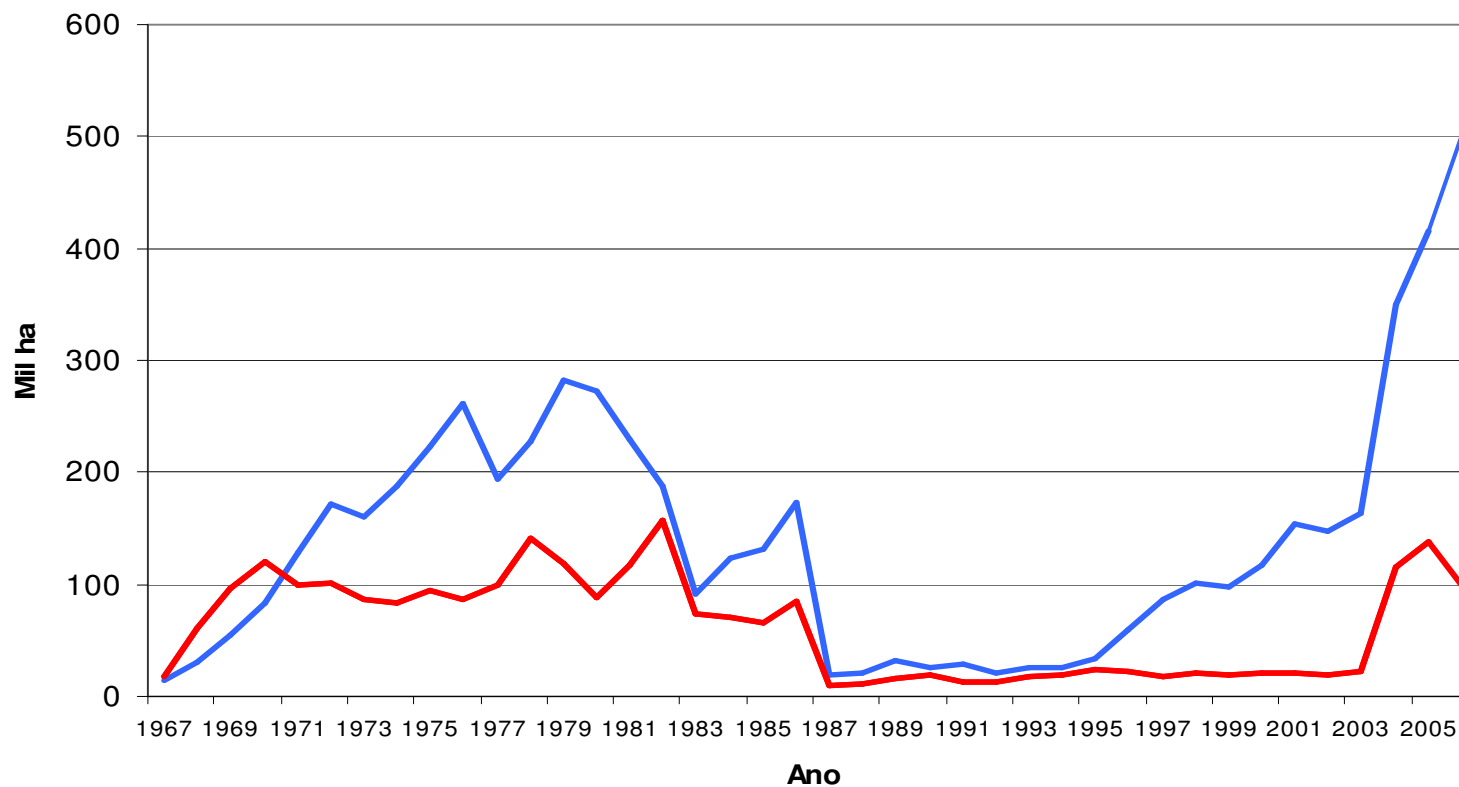


# Diversidade genética em sistemas de produção



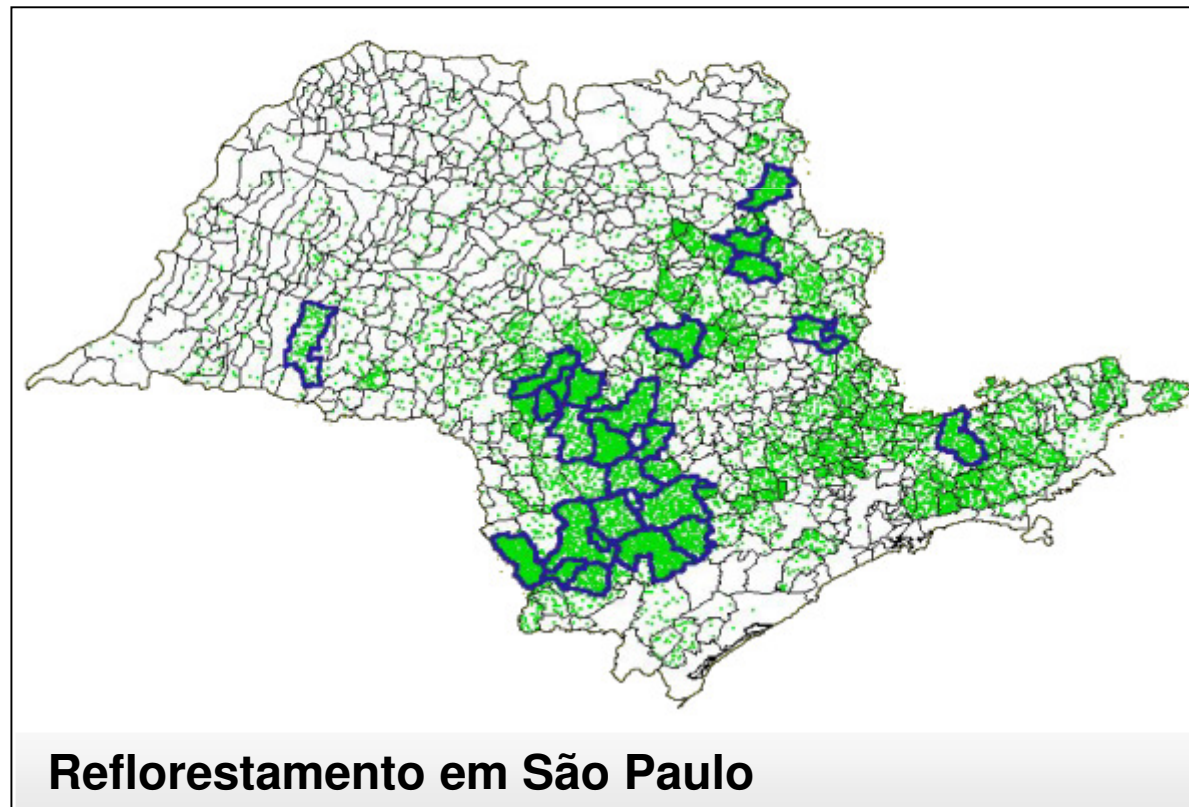
Base genética das populações comerciais reduzida pode comprometer a expansão florestal?

# EVOLUÇÃO ANUAL DOS PLANTIOS



Fonte: Banco de Dados SBS

Reflorestamento atualmente envolve 38 mil produtores e ocupa cerca de um milhão de hectares em São Paulo, para lenha e outros fins. A área com aptidão florestal é estimada em dois milhões de hectares (IEA, 2007).



# Distribuição dos projetos de bioenergia no Brasil



---

## Definições e plasticidade no manejo e melhoramento

---

Bradshaw (1965) foi o primeiro a definir dois conceitos fundamentais da plasticidade:

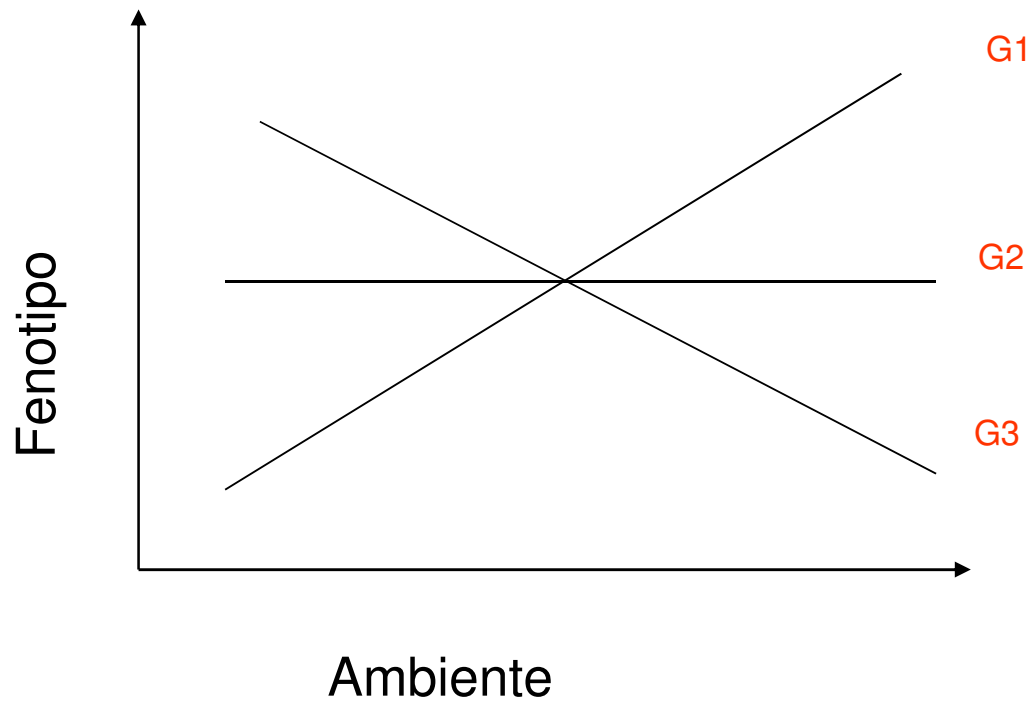
Primeiro: plasticidade é uma característica própria, controlada geneticamente, e pode de certo modo, evoluir independentemente das outras características do fenótipo

Segundo é que a plasticidade não é uma propriedade de um genótipo inteiro, necessita de ser estudada em referencia à ambientes específicos e medida em diversas características: um determinado genótipo pode ser plastico para uma característica em resposta a um conjunto de condicoes ambientais, mas nao para outro grupo de características, mas nao para outras respostas para os mesmos grupos de condicoes

Isso nos traz diversos desafios...

Plasticidade fenotípica é definida geralmente como uma mudança na expressão dos fenotípicos em diversos ambientes

Forma intuitiva de visualizar plasticidade fenotípica é através de normas de reação



## Plasticidade como tema integrador de pesquisa dentro do manejo e a genética florestal

Uma das áreas mais controversas e difíceis de serem estudadas sobre plasticidade diz respeito a possibilidade da plasticidade ser uma **característica adaptativa alvo de seleção natural**.

Na área florestal, portanto a amostragem adequada das populações base para MF deve levar em conta estes fatores.

Dudley, S.A. and J. Schmitt. 1996. Testing the adaptive plasticity hypothesis: density-dependent selection on manipulated stem length in *Impatiens capensis*. *American Naturalist* 147:445-465

---

## **Plasticidade e atributos fisiológicos e morfológicos que contribuem para aumento da resistência à seca:**

- Redução das taxas de transpiração
- Velocidade de resposta dos estômatos à redução dos níveis de água no solo e na atmosfera
- Capacidade de células para manterem o metabolismo celular a baixos potenciais de água
- Redução na superfície de transpiração pelo posicionamento das folhas assim que o estresse se desenvolve

---

## Porém temos alguns problemas para melhorar este entendimento destes processos ...

Contradição paradoxal entre o que gostaríamos de medir e o que nós podemos medir....

Lewontin, 1974. The Genetic basis of evolutionary change

Entender **causas versus conseqüências** dos processos fisiológicos e metabólicos das respostas das plantas aos estresses e suas correlações com o controle genético

## **Genes de plasticidade**

**Locus de regulacao genica que respondem diretamente a estímulos ambientais específicos pela producao de uma serie de mudancas morfogenicas específicas.**

## **Como encontrar estes genes de plasticidade?**

- **Genes candidatos baseados no conhecimento previo da funcao dos genes**
- **Mapeamento de QTLs (trabalho pioneiro de Wu, 1998 sobre populus)**
- **atualmente uso de microarranjos**

Wu, R. 1998. The detection of plasticity genes in heterogeneous environments. *Evolution* 52:967-977.

## **Medidas de plasticidade e estudos de associação com genes candidatos**

**Visa ligar variação fenotípica com variação alélica em genes candidatos e entender os benefícios das várias gerações de recombinação em populações naturais para identificar polimorfismos causais (Neale & Savolainan, 2004)**

**Em árvores dois trabalhos fundamentais:**

- a) Thumma et al 2005: identificação da variação alélica para a redutase cinnamoyl CoA que afeta a angulação de microfibrilas em Eucalyptus**
- b) Gonzalez-Martinez et. Al. 2007: identificação de 4 genes (cad, sems-2, lp3-l e  $\alpha$  tubulina) associados as propriedades da madeira em P. taeda**

## Integracao fenotípica

Como ambientes e genótipos interagem alterando a relação entre características para moldar a forma de todo o organismo?

Organismos não são uma coleção de características independentes que envolvem separadamente – características dos organismos estão ligadas entre elas em vários graus pela existência de correlações genéticas.

TABLE 3. *Broad-sense heritabilities ( $\pm$  s.e.) on an individual basis ( $H^2$ ) for stomatal traits (adaxial, abaxial and total stomatal densities, adaxial and abaxial stomatal lengths, and ratio adaxial : abaxial densities) and carbon isotope discrimination ( $\Delta$ ) of the selected  $F_1$  genotypes of the  $D \times N$  and the  $D \times T$  families (both 50  $F_1$ )*

	D $\times$ N family*	D $\times$ T family*
Stomatal traits		
Adaxial density ( $\text{mm}^{-2}$ )	0.53 $\pm$ 0.07	0.49 $\pm$ 0.07
Abaxial density ( $\text{mm}^{-2}$ )	0.28 $\pm$ 0.07	0.62 $\pm$ 0.06
Total density ( $\text{mm}^{-2}$ )	0.37 $\pm$ 0.07	0.59 $\pm$ 0.06
Ratio	0.50 $\pm$ 0.07	0.37 $\pm$ 0.07
Adaxial length ( $\mu\text{m}$ )	0.46 $\pm$ 0.07	0.77 $\pm$ 0.04
Abaxial length ( $\mu\text{m}$ )	0.19 $\pm$ 0.06	0.67 $\pm$ 0.05
$\Delta$ (‰)	0.61 $\pm$ 0.06	0.37 $\pm$ 0.07

\* D = *Populus deltoides* 'S9-2'; N = *P. nigra* 'Ghoy';  
T = *P. trichocarpa* 'V24'.

## Correlações genéticas entre diversas características

TABLE 5. Genetic correlations ( $r_g$ ) between stem dimensions (stem circumference and height), stomatal traits (adaxial, abaxial and total stomatal densities, adaxial and abaxial stomatal lengths, and ratio adaxial/abaxial densities) and carbon isotope discrimination ( $\Delta$ ) for the selected  $F_1$  genotypes of the  $D \times N$  (deltoides  $\times$  nigra, above the diagonal) and the  $D \times T$  (deltoides  $\times$  trichocarpa, below the diagonal) families (both 50  $F_1$ )

	Stem circumference	Stem height	Adaxial density	Abaxial density	Ratio	Adaxial length	Abaxial length	$\Delta$
Stem dimensions								
Stem circumference	–	0.92	–0.12	–0.17	–0.06	0.24	0.06	0.36
Stem height	0.87	–	–0.06	–0.15	0.02	0.17	–0.15	0.09
Stomatal traits								
Adaxial density	0.03	0.24	–	0.63	0.85	–0.35	–0.49	–0.24
Abaxial density	–0.31	0.01	0.75	–	0.12	0.14	–0.17	–0.25
Ratio	0.33	0.32	0.78	0.17	–	–0.54	–0.52	–0.14
Adaxial length	–0.03	–0.23	–0.44	–0.50	–0.16	–	0.81	0.33
Abaxial length	–0.27	–0.36	–0.27	–0.51	0.11	0.71	–	0.23
$\Delta$	0.09	–0.11	0.01	–0.18	0.18	0.33	0.44	–

Papel dos micro arranjos e dos projetos já conduzidos na área de genômica no Brasil: FOREST e Projeto CNPq – medir estes avanços e usas estas informações dentro dos programas de melhoramento

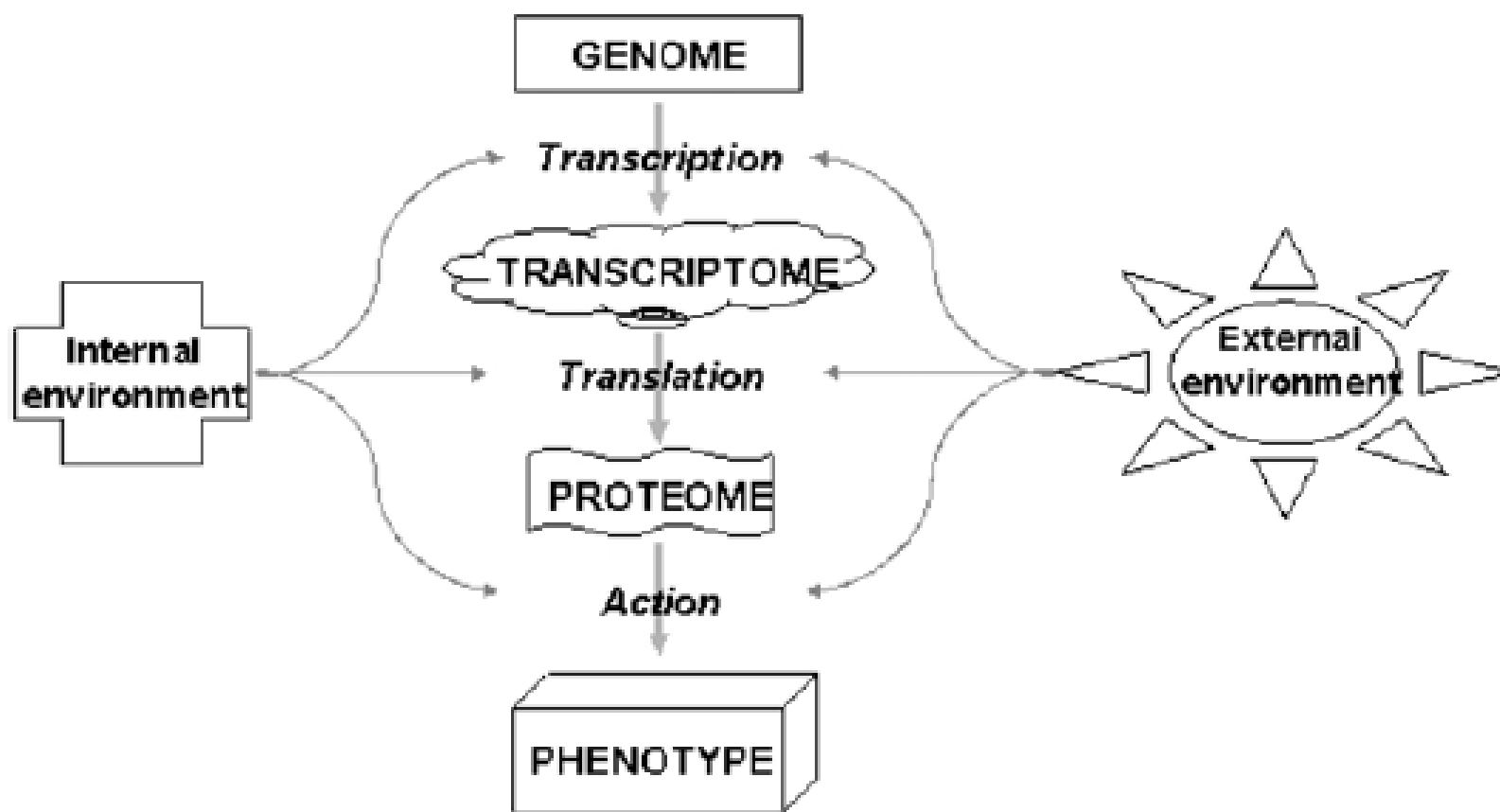
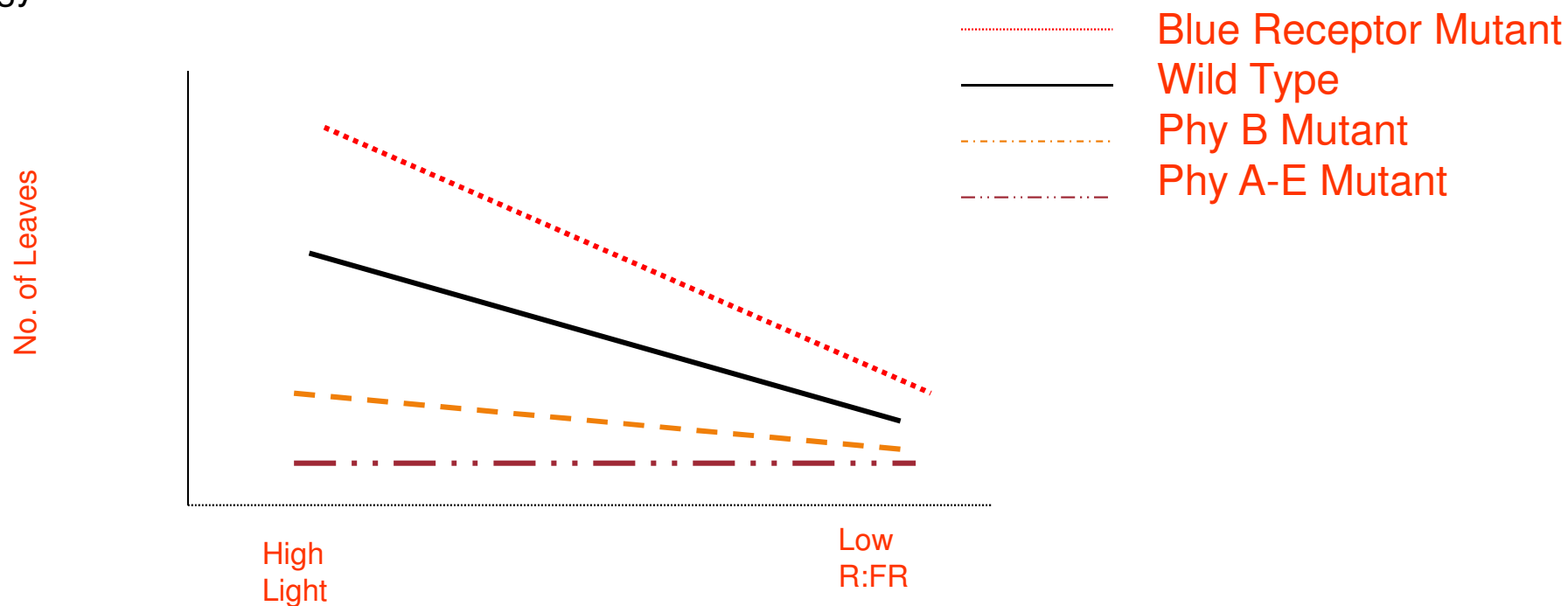


Figure 1. The hierarchy of gene expression underlying phenotypic plasticity.

## Uso de sistemas modelo – por exemplo *Arabidopsis thaliana* controlando as respostas dos fitocromos

Pigliucci, M. and J. Schmitt. 1999. Genes affecting phenotypic plasticity in *Arabidopsis*: pleiotropic effects and reproductive fitness of photomorphonic mutants. *Journal of Evolutionary Biology* 12:551-562



---

## Há custos associados à plasticidade, que ainda não conhecemos em silvicultura intensiva (trade-offs)

- DeWitt et al. 1998 propôs os seguintes custos:
  - **Manutenção**: custos energéticos dos mecanismos de regulação e sensorial
  - **Produção**: custos excessivos de produção das estruturas plásticas comparadas as mesmas estruturas produzidas a partir de respostas genéticas fixas
  - **Instabilidade de desenvolvimento**: plasticidade pode implicar na redução do desenvolvimento canalizado dentro de um determinado ambiente ou causar imprecisão de desenvolvimento
  - **Genéticos**: deletérios efeitos deletérios dos genes de plasticidade através de ligação, pleiotropia e epistasia com outros genes

---

## **Limites nos benefícios da plasticidade e diversidade genética**

**Confiabilidade das informações**

**Tempos de espera nas respostas**

**Limites das amplitude de desenvolvimento dos organismos: entendimentos de processos ontogenéticos - ou seja entender quando seleção precoce pode ser utilizada – maximização da expressão genética em determinada fase de desenvolvimento**

**Problemas epifenótipicos e epigenéticos**

---

# Visão integradora e estratégica

## Possíveis etapas de trabalho para somar esforços

### Abordagem metodológica

#### **a** Resgate e análise das informações já disponíveis

- Experimentos da área de melhoramento – 80s até hoje
- Novos programas sendo implantados
- PTSM
- REMAN
- BEPP
- Outras redes de pesquisa

#### **b** Agenda de longo prazo

- Lacunas de conhecimento
- Desenhos experimentais à longo prazo
- Modelagem
- Elaboração de cenários de expansão e demandas do setor florestal
- Importante papel das diversas Universidades:
- Caráter transdisciplinar da agenda

#### **c** Plano de ação

- Prazos
- Recursos necessários
- Obrigações e responsabilidades

**Importância das essências exóticas para abastecimento industrial e atualmente para pequenos e médios produtores rurais;**

**Não pensar apenas no melhoramento – mas sim na necessidade de estratégias de conservação genética à longo prazo – mudanças climáticas e instabilidades dos sistemas climáticos: exigirão materiais genéticos plásticos e com grande resiliência**

**Necessidade de conservar ampla base genética para usos futuros**

**Necessidade de “definição das estratégias para uso dos recursos genéticos das essências exóticas para diversos sistemas de manejo e regiões – unir esforços entre as diversas agendas de pesquisa que ainda não se comunicam adequadamente**

---

## **Agradecimentos:**

**UNESP – FCA**

**IPEF**

**Prof. José Leonardo de Moraes Gonçalves**

**Aos meus colaboradores e estudantes na USP**

**Contato:**

**Weber A. Neves do Amaral, PhD**

**University of São Paulo – ESALQ**

**Email: [wamaral@esalq.usp.br](mailto:wamaral@esalq.usp.br)**