



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

TROCAS GASOSAS DE ESPÉCIES
REPRESENTATIVAS DA MATA
ATLÂNTICA EM CUBATÃO

Outubro 1999

DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ENGENHARIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

DIVISÃO DE QUALIDADE DO SOLO, ÁGUA SUBTERRÂNEA E VEGETAÇÃO

SETOR DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

TROCAS GASOSAS DE ESPÉCIES
REPRESENTATIVAS DA MATA
ATLÂNTICA EM CUBATÃO

CLASS.	
AU	035746 8.2

8502
P881t (RCET)
035746

CETESB

FICHA TÉCNICA BIBLIOGRÁFICA

DOCUMENTO

Tipo Relatório	Data Maio/99	Origem EQSE	Nº Página/V.	Nº Mapas 01
-------------------	-----------------	----------------	--------------	----------------

TÍTULO DO DOCUMENTO

TROCAS GASOSAS DE ESPÉCIES
REPRESENTATIVAS DA MATA ATLÂNTICA EM
CUBATÃO

AUTOR RESPONSÁVEL

Assinatura/Carimbo/Data

Dione Zangelmi Pradella

AUTORES/ENTIDADES OU UNIDADES A QUE PERTENCEM

CETESB

Eng. Agr. Dione Zangelmi Abrahão Pradella
Eng. Agr. Sérgio Luis Pompéia
Biol. Rodrigo Coelho Fialho
Eng. Alfredo Rocca

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar

Biol. José Antonio P.V. de Moraes
Biol. Carlos Henrique B. de A. Prado
Téc. Carlos A. Casale

DOCUMENTO AUTORIZADO POR

Assinatura/Carimbo/Data

Biol. Rodrigo Coelho Fialho
Gerente do Setor
Ecosistemas Terrestres
Reg. 01.5095-8 CRB 10.559/01

DOCUMENTO REVISADO

Assinatura/Carimbo/Data

[Assinatura]

CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA

EXTERNA INTERNA
 RESERVADA

PALAVRAS CHAVES

Trocas gasosas, fotossíntese, esclerofilia, condutância estomática, ponto de compensação à luz, crescimento da planta, Mata Atlântica, espécies vegetais.

CÓDIGO E TÍTULO DO PROJETO

O S. 42217E00 - Avaliação de efeitos de poluentes atmosféricos sobre a vegetação em áreas críticas do Estado de São Paulo

DISTRIBUIÇÃO INTERNA

Áreas / Nº de cópias

USO DA BIBLIOTECA

Classificação de Assunto	Nº Documento	Visto/Carimbo/Data
--------------------------	--------------	--------------------

EQUIPE TÉCNICA

Eng. Agr. Dione Zangelmi Abrahão Pradella
Eng. Agr. Sérgio Luis Pompéia
Biol. Rodrigo Coelho Fialho
Eng. Alfredo Rocca

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar

José Antonio P.V. de Moraes
Carlos Henrique B. de A. Prado
Carlos A. Casale

EQUIPE DE APOIO

Miguel Monteiro
Jessé Soares Alves
Salatiel Alves Pereira

DIGITAÇÃO

Eunice Oliveira Puerto
Jose Bezerra Sousa

DESENHOS

Marisa Cury
Marise Chamani Carrari

**CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA**

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. CARACTERIZAÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM CUBATÃO-SP	3
3. METODOLOGIA.....	4
3.1 Local do experimento.....	4
3.2 Espécies Utilizadas	6
3.3 Período e Forma de Exposição.....	7
3.4 Padronização dos Fatores Ambientais nas Áreas dos Viveiros.....	7
3.5 Determinação da Fotossíntese Líquida (A), Condutância Estomática (gs), Capacidade Fotossintética Máxima (Amax) e Ponto de Compensação à Luz (PCL).....	7
3.6 Determinação de alguns Parâmetros Biométricos	9
4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	9
4.1 Capacidade Fotossintética Máxima (Amax) e Ponto de Compensação à Luz (PCL)	10
4.2 Condutância Estomática Máxima (gs).....	15
4.3 Área Foliar média, Peso Foliar Médio e Esclerofilia paras as Espécies nas Três Áreas de Estudo	16
4.4 Crescimento das Plantas nas 3 Áreas Estudadas	18
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	19
6. CONCLUSÃO.....	20
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
8. ANEXOS	23

1. INTRODUÇÃO

O efeito dos poluentes atmosféricos na fotossíntese é amplamente discutido na literatura, sobretudo a depressão da capacidade fotossintética, acarretando em menor desenvolvimento das plantas (APLEGATE,1960; BUSTAMANTE, 1988, KLUMPP,1995; PRADELLA,1997, entre outros).

Parâmetros químicos, bioquímicos, anatômicos e fisiológicos de plantas expostas à poluição podem mostrar alterações, antes que se observem injúrias visíveis em suas folhas.

A sensibilidade da fotossíntese à poluição atmosférica varia amplamente entre espécies e também em função das condições ambientais.

Entende-se por fotossíntese a conversão da energia luminosa em energia química pelas plantas, ou seja, a produção de carboidratos a partir do dióxido de carbono e água na presença do pigmento foliar e clorofila, usando energia luminosa. Trata-se do processo fisiológico mais importante no ciclo vital das plantas, sendo que perturbações neste processo fatalmente acarretam alterações no crescimento das mesmas.

Em relação à luz solar, considera-se para efeito de fotossíntese, apenas o comprimento de onda do espectro visível, denominado nesse trabalho por radiação fotossinteticamente ativa (PAR).

O parâmetro que melhor retrata a eficiência fotossintética da planta é a fotossíntese líquida (A), que reflete a quantidade de CO₂ absorvida durante o processo de fotossíntese, excluía a quantidade de CO₂ liberada durante o processo de respiração.

A quantidade de CO₂ absorvido pela planta depende do grau de abertura estomática, quantificado pelo parâmetro condutância estomática máxima (gs).

Cada espécie apresenta valores próprios de fotossíntese líquida. Por exemplo, espécies heliófilas apresentam valores mais altos de fotossíntese líquida que espécies ciófilas.

Sob condições ótimas de luz, temperatura, suprimento de CO₂ e condições hídricas, ocorre a Capacidade Fotossintética Máxima (Amax), para cada espécie.

A Capacidade Fotossintética Máxima (Amax) é um parâmetro que indica o valor máximo que a fotossíntese pode alcançar, para uma determinada espécie, ao longo de todo o dia. Seu valor varia nitidamente entre as espécies.

Segundo DARRALL (1989), o estudo de parâmetros fotossintéticos é uma valiosa ferramenta de diagnóstico a qual pode ajudar a elucidar o modo de ação dos poluentes no metabolismo das plantas e entender o papel de estresses naturais em suas respostas.

Até o presente momento, poucos são os estudos de trocas gasosas em espécies nativas da Mata Atlântica, em condições de campo, sendo que para a maioria delas, não se tem conhecimento de suas curvas de saturação da fotossíntese, representação gráfica da evolução da assimilação de CO₂ pela planta, durante o curso diário.

No intuito de contribuir para o entendimento das questões acima elencadas, foram selecionadas 15 espécies representativas da Mata Atlântica, considerando os diferentes extratos, a fim de contemplar os diversos grupos ecológicos existentes e expostas em viveiros experimentais, em 3 áreas contendo diferentes níveis de poluição, na Serra do Mar em Cubatão (SP).

É importante salientar que, no presente trabalho, não foram quantificados todos os fatores intervenientes nas 3 áreas do experimento, como em trabalhos de laboratório, pois não é possível controlar todas as variáveis ambientais. Por outro lado, a metodologia adotada não constitui apenas uma simulação, mas, sim, o reflexo da realidade.

Este trabalho teve por objetivos:

- Avaliar a capacidade fotossintética dessas espécies, sob o efeito de diferentes níveis e tipos de poluição atmosférica, através de um monitoramento ativo;
- caracterizar o padrão de comportamento das trocas gasosas de gás carbônico nas diferentes espécies, através do parâmetro fotossíntese, estudando suas curvas de saturação, elaboradas em função da radiação fotossinteticamente ativa, nas 3 áreas estudadas e
- comparar as modificações no desenvolvimento das plantas expostas a diferentes níveis de poluição através da área foliar, peso foliar, peso específico foliar e altura máxima do caule, para as espécies estudadas.

2. CARACTERIZAÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM CUBATÃO-SP

Os principais poluentes atmosféricos estudados em Cubatão, de forma sistemática e periódica são:

- **Dióxido de Enxofre (SO₂)**: somente foi preocupante no início da década de 80, hoje seus níveis encontram-se abaixo dos padrões legais (ALONSO e GODINHO, 1992); as principais fontes de emissão são a produção de ácido sulfúrico, indústria de fertilizantes, indústria siderúrgica e queima de combustíveis; a concentração atmosférica de SO₂, segundo dados obtidos na região central de Cubatão, diminuiu significativamente, no período de 1981 a 1994;
- **Monóxido de Carbono**: típico de áreas urbanas, notadamente devido ao tráfego de veículos automotores, não representa um grande problema para a região (ALONSO e GODINHO, 1992);
- **Fluoretos**: tanto sólidos, como gasosos, manifestaram-se em altas concentrações na área; por serem altamente fitotóxicos, atribui-se aos fluoretos gasosos parte da responsabilidade pela degradação da vegetação da Serra do Mar, em Cubatão; apesar da redução das emissões, os níveis atuais ainda são agressivos às plantas e somente os estudos, em andamento, sobre as espécies vegetais nativas da região, podem dar uma resposta às incertezas ainda presentes (ALONSO e GODINHO, 1992);
- **Dióxido de Nitrogênio (NO₂)**: precursor dos oxidantes fotoquímicos, como o ozônio, e objeto constante de controle, tem ocorrido em concentrações abaixo do padrões legais brasileiros;
- **Amônia (NH₃)**: até meados da década de 80, apresentou-se em altas concentrações, com redução de 50% no último quarto de década; necessita-se de nova avaliação para se conhecer o nível de redução atual (ALONSO e GODINHO, 1992); a amônia, além do NO₂, é uma outra importante forma de gás nitrogenado que ocorre na atmosfera de Cubatão, sendo ambos emitidos principalmente nos processos de produção de fertilizantes; seus efeitos fitotóxicos, entretanto, são nitidamente inferiores aos dos fluoretos gasosos e do SO₂, somente ocorrendo efeitos agudos em doses altas; tais efeitos, porém, se acentuam quando esses gases são associados ao SO₂; segundo MALAVOLTA (1976), em dosagens mais baixas chegam a ser benéficos às plantas, aumentando o teor de clorofila e o crescimento vegetativo;
- **Oxidantes Fotoquímicos – Ozônio (O₃) e Peroxi Acetil-Nitrato (PAN)**: considerados como poluentes que causam danos à vegetação, apresentam-se na área de forma sistemática (ALONSO e GODINHO, 1992); tanto o ozônio como outros poluentes oxidantes, tal como o peroxi-acetil-nitrato são gerados na atmosfera por reações fotoquímicas; os poluentes oxidantes ocorrem de maneira mais intensa na área do Caminho do Mar, em região que recebe grande parte das emissões da refinaria de petróleo, sendo nessa área que ocorrem os maiores efeitos à vegetação, segundo dados obtidos por KLUMPP et al. (1994), por meio de biomonitoramento ativo;

- **Gás Sulfídrico:** ocorre em concentrações elevadas por pequenos períodos de tempo, com profundo incômodo para a população, principalmente em função de emissões originárias da indústria de fertilizantes; da mesma forma que outros poluentes, tem sido observada uma redução nas concentrações atmosféricas deste poluente, nos últimos anos (ALONSO e GODINHO, 1992);
- **Material Particulado:** embora exista uma tendência de queda nos parâmetros constituintes desse poluente (material particulado inalável - PI e partículas totais em suspensão - PTS), os níveis ainda se encontram muito acima dos padrões legais brasileiros; a área pode ser considerada saturada em relação a este poluente (ALONSO e GODINHO, 1992);
- **Outros Poluentes:** Muitos outros poluentes agem em maior ou menor intensidade no desenvolvimento das espécies vegetais; é o caso, por exemplo, dos hidrocarbonetos emitidos principalmente na forma de acetaldeídos; merece destaque, ainda, o etileno, pela sua ação sobre as plantas e os metais pesados, emitidos nos processos industriais (POMPÉIA, 1997).

3. METODOLOGIA

3.1 Local do Experimento

O presente trabalho está fundamentado em dados referentes a três locais distintos, tal como indicados na Figura 1:

Área 1: Vale do Rio Pilões - VP: Área utilizada como controle, considerada pouco poluída.

Área 2: Vale do Rio Moji - VM: Área afetada por Fluoretos gasosos (F^-), Amônia (NH_3), Óxidos de nitrogênio (NO_x), sulfatos, nitratos e fosfatos particulados.

Área 3: Caminho do Mar - CM: Área afetada por hidrocarbonetos, Dióxido de Enxofre (SO_2), Óxidos de Nitrogênio (NO_x), Ozônio (O_3) e PAN (peróxido de acetnitrila).

Adotaram-se, para o experimento, as mesmas áreas utilizadas em estudos em andamento, por diversos órgãos de Pesquisa, inclusive pela CETESB, sobre efeitos de poluentes em plantas (POMPÉIA et al, 1992; AZEVEDO et al, 1993; KLUMPP et al., 1994; KLUMPP, 1995, entre outros).

A seleção das áreas de estudo foi baseada em:

- dados de qualidade do ar em Cubatão, na década de 80 (CETESB, 1995);
- estudos da evolução da degradação da vegetação por fotointerpretação;
- representatividade das principais fontes de poluentes fitotóxicos de Cubatão.

3.2 Espécies Utilizadas

O Quadro 1 apresenta as espécies estudadas, bem como algumas de suas características.

Quadro 1: Caracterização das espécies da Mata Atlântica em Cubatão utilizadas nesse estudo.

	ESPÉCIE	FAMÍLIA *	HÁBITO E PORTE	VELOCIDADE DE CRESCIMENTO	TOLERÂNCIA À SOMBRA	GRUPO ECOLÓGICO DE SUCESSÃO **
HERBÁCEAS	<i>Costus spiralis</i> ***	Costaceae	erva terrestre 1,00-1,5m	rápido	tolerante (ciófila)	climática
	<i>Hedychium coronarium</i> ***	Zingiberaceae	erva terrestre 0,80-1,40m	rápido	pouco tolerante (heliófila)	pioneira
	<i>Laelia purpurata</i>	Orchidaceae	erva epífita	lento	tolerante (ciófila)	climática
	<i>Philodendron sp</i>	Araceae	erva escandante	médio	tolerante (ciófila)	secundária
ÁRBOREAS	<i>Cecropia glazioui</i> ***	Cecropiaceae	árvore 10-12m	rápido	intolerante (heliófila)	pioneira
	<i>Cryptocarya moschata</i> ***	Lauraceae	árvore 20-30m	médio	tolerante (ciófila)	climática
	<i>Cryosophyllum sp</i> ***	Sapotaceae	árvore até 15m	médio	tolerante (ciófila)	secundária
	<i>Euterpe edulis</i> ***	Arecaceae	palmeira até 25m	médio	tolerante (ciófila)	climática
	<i>Ficus sp</i> ***	Moraceae	árvore 10-20m	médio	indiferente	secundária
	<i>Piper cernuum</i> ***	Piperaceae	arbusto ou arvoreta até 6m	médio	tolerante (ciófila)	secundária
	<i>Psidium catleianum</i> ***	Myrtaceae	arbusto ou arvoreta até 6 m	médio	tolerante (ciófila)	secundária
	<i>Pterocarpus rohrii</i> ***	Fabaceae	árvore até 14m	médio	pouco tolerante (heliófila)	secundária
	<i>Tibouchina pulchra</i> ***	Melastomatacae	árvore até 20m	rápido	intolerante (heliófila)	pioneira
	<i>Virola oleifera</i> ***	Myristicaceae	árvore 30-35m	médio	pouco tolerante (heliófila)	secundária
<i>Zigia cauliflora</i>	Mimosaceae	árvore mediana	médio	tolerante (ciófila)	secundária	

- * Segundo CRONQUIST (1981)
 ** Baseado em BUDOWSKI (1965)
 *** Espécies cujos dados são apresentados neste trabalho

3.3 Período e Forma de Exposição

Para cada uma das espécies estudadas, foram expostas 3 repetições em cada local de estudo. Viveiros foram construídos nas áreas experimentais, para que as plantas pudessem permanecer expostas em campo por 18 meses. Os viveiros experimentais foram revestidos na parte lateral, com tela branca e cobertos por sombrite, proporcionando o fornecimento de 50% de luz.

As três repetições de cada uma das 15 espécies foram transportadas para os viveiros das áreas selecionadas em Cubatão, após período de aclimação de todas as plantas na área controle (Vale dos Pilões).

3.4 Padronização dos Fatores Ambientais nas Áreas dos Viveiros

Procurou-se padronizar os diferentes fatores ambientais, visando à comparação dos resultados. Essa padronização foi viabilizada para luminosidade (mediante utilização de sombrite nos viveiros das 3 áreas escolhidas); para solo (através da utilização do mesmo solo de mata para todos os vasos); para umidade (mediante a utilização de vasos com sistema auto - rega, em que a umidade alcança o solo e a rizosfera da planta por capilaridade) e condições de maturidade (utilizando-se mudas de plantas jovens envasadas), o que caracteriza o monitoramento ativo, diferenciando-o do monitoramento passivo, que usa espécies adultas já estabelecidas em campo.

3.5 Determinação da Fotossíntese Líquida (A), Condutância Estomática (gs), Capacidade Fotossintética Máxima (Amax) e Ponto de Compensação à Luz (PCL)

A fotossíntese líquida (A) foi medida por meio de um sistema analítico completo, denominado "Infra Red Gas Analyser - IRGA". Tal equipamento é composto de:

- Câmara de análise foliar portátil (ADC L C A-2), a qual fornece indiretamente a fração de CO_2 do ar de entrada e saída da câmara;
- Célula fotosensível que mede a radiação fotossinteticamente ativa (PAR);
- Medidor de condutância estomática (gs) que quantifica o grau de abertura estomática por meio da medição da passagem de vapor de água pelas fendas estomáticas das folhas.

Maiores detalhes sobre estes equipamentos podem ser encontrados em PRADO et al. (1994; 1995), PRADO e MORAES (1997), ROCHA & MORAES (1997) e RUBIN FILHO (1997).

Os dados acumulados durante cada dia de trabalho foram armazenados em um processador ("data logger", DL-2, Hoddesdon, UK), que permite a leitura de uma série de dados de fotossíntese líquida e condutância estomática, entre outros parâmetros.

A partir dos dados medidos, pode-se traçar a Curva de Saturação da Fotossíntese (CS) que é a representação gráfica da evolução da assimilação do CO₂ durante o curso diário, indicando o ponto em que ocorre uma estabilização da assimilação do CO₂ pela planta, ou seja, o ponto de inflexão da curva, que representa a máxima quantidade de CO₂ absorvível por cada espécie, denominada Capacidade Fotossintética Máxima (Amax).

Neste trabalho, estas curvas foram obtidas a partir do programa "Microcal Origin, Versão 3.5."

No Anexo 1 é apresentada uma curva de saturação da fotossíntese esquemática para ilustrar como é determinado o Ponto de Compensação à Luz (PCL), que mostra a intensidade luminosa (PAR) em que a fotossíntese é igual a respiração. Graficamente o PCL é obtido no ponto em que a curva corta o eixo das abcissas, ou seja, onde a fotossíntese líquida é nula (A = 0). Biologicamente, este é o ponto a partir do qual se inicia o balanço positivo da fotossíntese, com respectiva produção de carboidratos.

Os valores do ponto de compensação à luz (PCL) foram calculados conforme PRADO et al. (1994, 1995).

A metodologia para determinação da curva de saturação da fotossíntese, ponto de compensação à luz (PCL) e condutância estomática (gs) foi aplicada inicialmente para três indivíduos de cada uma das espécies estudadas, antes de serem transportados para os viveiros experimentais, com o objetivo de avaliar o desempenho fotossintético destas espécies antes de serem submetidas aos efeitos da poluição. A íntegra dos dados obtidos foi apresentada no relatório "Estudo de Trocas Gasosas em Plantas Submetidas à Poluentes Atmosféricos de Cubatão – Resultados Preliminares de Campo" (CETESB, 1995).

Das três repetições de cada espécie, em cada local, foi selecionada a planta com melhor desenvolvimento, para realização das medições.

Os dados apresentados no presente relatório referem-se à campanha de medição realizada nos indivíduos expostos nos viveiros experimentais das três áreas de estudo (VP, VM e CM), após um período de 18 meses.

Ressalta-se que as medições foram tomadas em folhas localizadas na parte mediana da planta.

3.6 Determinação de Alguns Parâmetros Biométricos

Ao final do experimento foram tomadas, aleatoriamente, 10 folhas totalmente expandidas, da parte mediana da planta, dos indivíduos de cada espécie, em cada área. Essas folhas foram medidas, secas em estufa e pesadas em balança analítica, para a determinação da esclerofilia foliar, que vem a ser a razão entre peso seco da folha e a área da mesma, representando teoricamente, a quantidade de estruturas de carbono existente na folha (Peso Específico Foliar – PEF ou esclerofilia). Com o intuito de avaliar a área foliar média, as folhas foram desenhadas e recortadas em papel vegetal, sendo estas últimas, também, pesadas.

Para avaliação do crescimento em altura, todas as plantas de espécies arbóreas foram medidas, com régua, do ponto de inserção da planta, na superfície do solo no vaso, até a altura da gema apical. Esse procedimento foi utilizado, antes das plantas serem expostas à poluição e 18 meses após a exposição, nos três diferentes locais de estudo.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

As curvas individuais obtidas após 18 meses de exposição pelo programa Microcal Origin versão 3.5, nas três áreas de estudo (VP, CM e VM), são apresentadas no Anexo 2, onde também são apresentados quadros-resumo das características das curvas de cada espécie.

Para 14 das 15 espécies adotadas, o tempo de exposição foi de 18 meses (setembro de 1993 a março de 1995). Já para a espécie *Tibouchina pulchra*, os dados referem-se à apenas 9 meses de exposição, tendo em vista que após os primeiros 9 meses, as 3 repetições da espécie *Tibouchina pulchra* não resistiram, no Vale do Moji, à herbivoria de cabras e formigas. Como seria incorreto, do ponto de vista metodológico, substituir apenas as plantas expostas no Vale do Moji, foram introduzidos novos indivíduos, ainda não expostos à poluição, nas três áreas com medições realizadas por um período de 9 meses. Tal procedimento foi adotado com

a finalidade de padronizar os dados de *Tibouchina pulchra*, espécie tolerante à poluição e essencial no processo de sucessão ecológica da Mata Atlântica, na Serra do Mar, em Cubatão.

As 12 espécies para as quais foi possível coletar dados de campo satisfatórios, para confecção das curvas da saturação da fotossíntese foram *Tibouchina*, *Psidium*, *Ficus*, *Pterocarpus*, *Cryosophyllum*, *Costus*, *Hedichium*, *Euterpe*, *Piper*, *Cryptocarya*, *Cecropia* e *Virola*. Em relação às restantes, ou seja, *Laelia*, *Zigia* e *Philodendron*, os dados medidos pelo IRGA, por alguma razão técnica ou metodológica, não se mostraram minimamente adequados para a construção da curva, tendo sido descartados.

Para as espécies *Cryptocarya*, *Cecropia* e *Virola*, só são apresentadas as curvas referentes ao Vale dos Pilões e Caminho do Mar, uma vez que no Vale do Moji, nenhuma das três vegetações sobreviveu até o final do período de exposição.

A seguir será realizada uma análise dos dados obtidos para os principais parâmetros de interesse.

4.1 Capacidade Fotossintética Máxima (Amax) e Ponto de Compensação à Luz (PCL)

Os dados obtidos através da metodologia adotada permitiram a obtenção de 33 curvas de saturação da fotossíntese, tal como resumidas nas Figuras 2, 3 e 4, representando a variação em estudo.

A Tabela 1 resume os valores de Capacidade Fotossintética Máxima (Amax) e Ponto de Compensação à Luz (PCL), observados antes e após 18 meses de exposição nas três áreas de estudo.

Figura 2: Curvas de Saturação da Fotossíntese de Plantas Jovens Envasadas de *Cecropia glazioui*, *Costus spiralis*, *Cryptocarya moschata* e *Crysophyllum* sp, em Cubatão SP. (Radiação Fotossinteticamente Ativa PAR x Fotossíntese A)

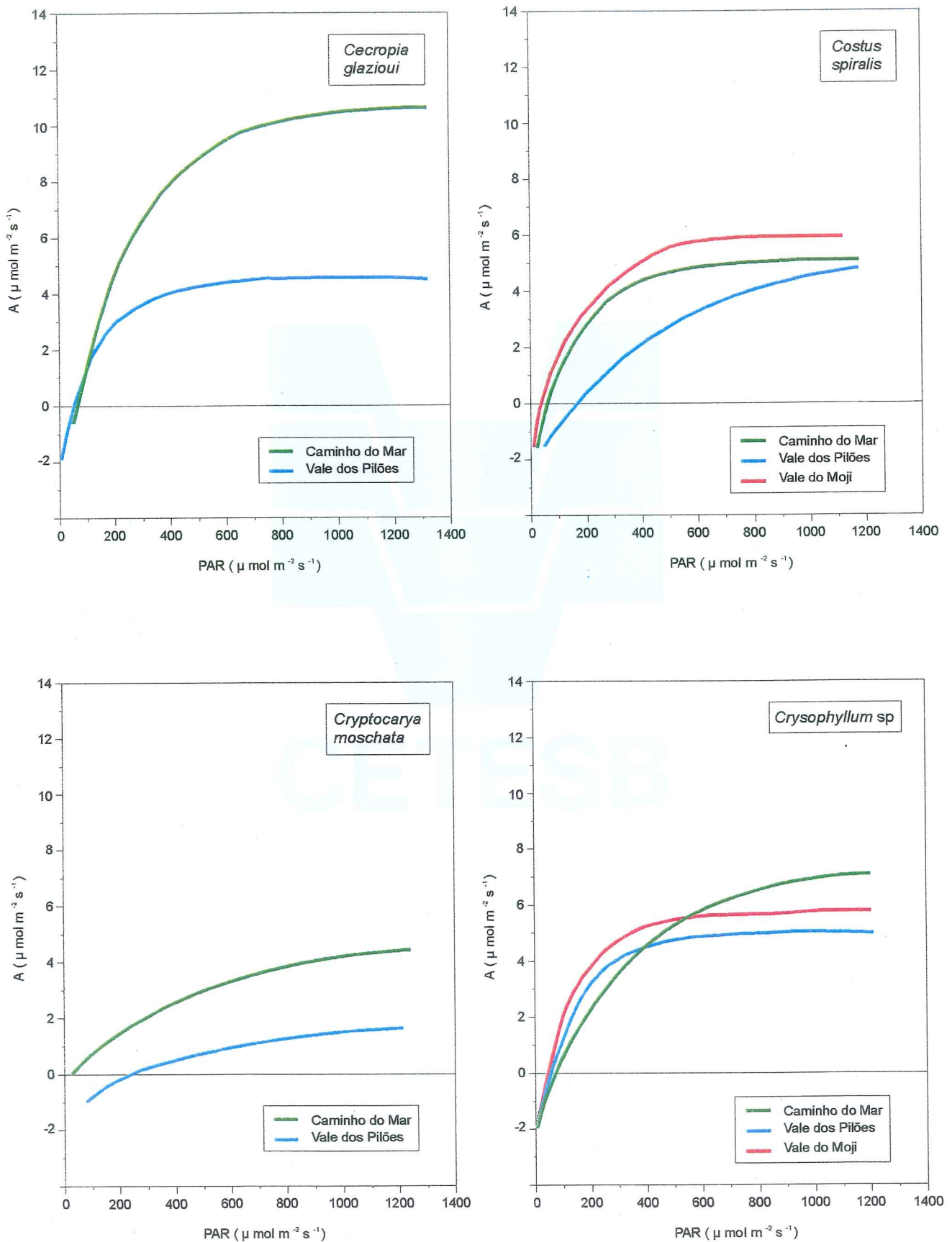


Figura 3: Curvas de Saturação da Fotossíntese de Plantas Jovens Envasadas de *Euterpe edulis*, *Ficus sp*, *Hedychium coronarium* e *Piper cernuum*, em Cubatão - SP. (Radiação Fotossinteticamente Ativa PAR x Fotossíntese A)

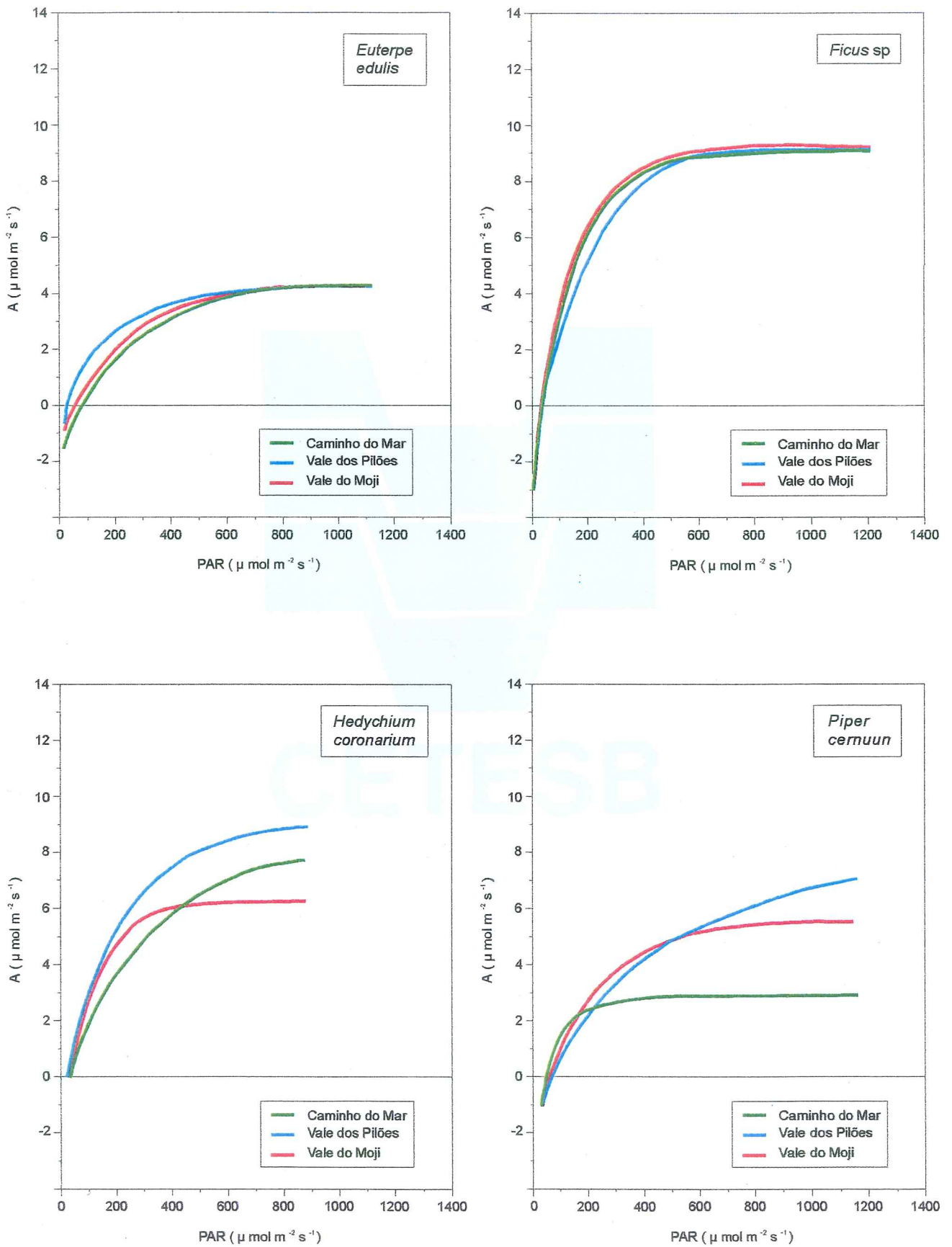


Figura 4: Curvas de Saturação da Fotossíntese de Plantas Jovens Envasadas de *Psidium cattleianum*, *Pterocarpus rohrii*, *Tibouchina pulchra* e *Virola oleifera*, em Cubatão SP. (Radiação Fotossinteticamente Ativa PAR x Fotossíntese A)

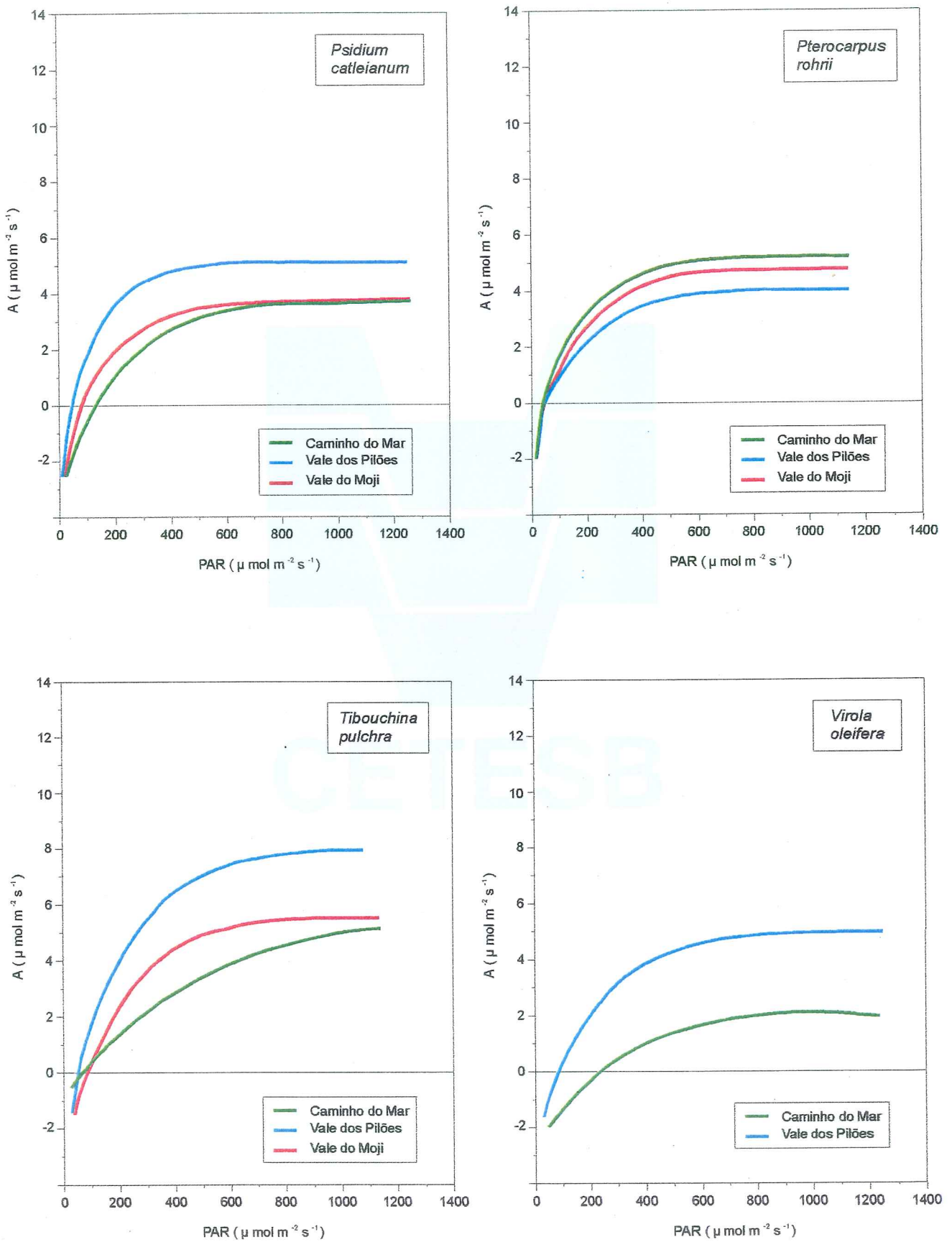


Tabela 1: Valores de PCL e Amax Observados Antes e Após 18 Meses de Exposição nas Áreas VP, VM e CM.

ESPÉCIE	Amax (antes) umol/m ² s (*)	Amax (após 18 meses de exposição) umol/m ² s			PCL (antes) umol/m ² s (*)	PCL (após 18 meses de exposição) umol/m ² s		
		VP	VM	CM		VP	VM	CM
<i>Cecropia</i>	17,99	4,9	- (**)	10,92	28,46	52,20	- (**)	59,60
<i>Costus</i>	6,04	5,20	5,84	5,10	- (**)	169,07	53,20	53,57
<i>Cryptocarya</i>	7,19	1,68	- (**)	4,97	- (**)	231,62	- (**)	12,48
<i>Chrysophyllum sp</i>	3,90	5,20	5,84	5,10	- (**)	50,55	40,96	74,79
<i>Euterpe</i>	6,05	3,35	4,38	4,02	23,09	25,79	59,76	72,20
<i>Ficus</i>	8,44	9,30	9,42	9,15	48,50	42,76	29,15	42,50
<i>Hedichium</i>	10,8	9,43	6,39	8,49	- (**)	27,56	41,83	32,39
<i>Piper</i>	6,15	7,22	5,51	2,66	29,73	32,84	66,25	45,71
<i>Psidium</i>	6,41	5,08	3,70	3,75	75,66	47,16	80,10	67,04
<i>Pterocarpus</i>	6,01	3,91	4,09	5,19	- (**)	51,97	56,46	45,30
<i>Tibouchina</i>	10,74	8,27	5,83	5,96	30,29	58,10	61,68	65,69
<i>Virola</i>	5,12	5,10	- (**)	1,83	- (**)	85,60	- (**)	211,83

(*) Antes da exposição nas áreas de estudos (dados extraídos do Relatório Preliminar – CETESB 1995a).

(**) Determinações não realizadas tendo em vista a insuficiência no tamanho das mudas.

Os dados obtidos não possibilitam uma análise comparativa da eficiência fotossintética entre as espécies estudadas.

Em termos de local de exposição, uma análise comparativa dos dados indica uma tendência de aumento dos valores do parâmetro Ponto de Compensação à Luz (PCL), para a maioria das espécies estudadas, da área VP, considerada como controle para as áreas CM e VM, consideradas sob o efeito de poluição atmosférica. Exceção é feita para as espécies *Costus* e *Cryptocarya*, que apresentaram valores maiores de PCL na área de controle. Ressalta-se que o valor excessivamente elevado de PCL, observado para a espécie *Cryptocarya* no Vale dos Pilões, coloca o dado sob suspeita. Uma vez que a espécie *Costus* é uma espécie herbácea, de ciclo de vida curto e portanto mais susceptível às interferências externas, o valor obtido para esta espécie também deve ser considerado dado sob suspeita.

Quando se compara os valores de PCL obtidos antes e após a exposição, observa-se de uma maneira geral, um aumento dos valores obtidos para o PCL, após 18 meses de estudo, tanto na área considerada como controle (VP), quanto nas áreas afetadas por poluentes (CM e VM), à exceção da espécie *Psidium* no Vale dos Pilões e Caminho do Mar e *Ficus* no Vale do Moji.

Os valores mais elevados de PCL, observados nos locais sob efeito de poluentes em comparação com a área controle (VP) e após os 18 meses de exposição, em comparação aos valores anteriores à exposição, indicam que as plantas, nestas situações, passaram a necessitar de uma quantidade maior de radiação fotossinteticamente ativa para obter um superavit de CO₂ absorvido (descontada a quantidade de CO₂ introduzida no processo de respiração), o qual é utilizado nas funções vitais da planta (crescimento, manutenção, reprodução e armazenamento).

De uma maneira geral, observa-se que não houve uma redução entre os valores obtidos para o parâmetro capacidade fotossintética máxima (Amax), entre as diferentes espécies e locais de exposição. Foi possível observar apenas uma tendência de diminuição no valor de Amax após 18 meses de exposição em todas as áreas. Com exceção de *Ficus* e *Crysophyllum*, houve aumento nas 3 áreas, após 18 meses de exposição. Para *Piper* ocorreu um aumento de Amax, após 18 meses de exposição, apenas em VP.

4.2 Condutância Estomática Máxima (gs)

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a Condutância Estomática Máxima.

Tabela 2: Condutância Estomática Máxima gs (mol/m²s)

ESPÉCIE	gs - antes (*)	gs - após 18 meses		
	VP	VP	VM	CM
<i>Cecropia</i>	0,50	0,23	0,11	0,53
<i>Costus</i>	0,06	0,23	0,23	0,12
<i>Chrysophyllum sp</i>	0,13	0,15	0,11	0,18
<i>Euterpe</i>	0,09	0,15	0,13	0,08
<i>Ficus</i>	0,20	0,32	0,34	0,27
<i>Hedichium</i>	0,75	1,04	1,1	0,75
<i>Piper</i>	0,09	0,17	0,27	0,05
<i>Psidium</i>	0,12	0,14	0,31	0,05
<i>Pterocarpus</i>	0,10	0,19	0,11	0,27
<i>Tibouchina</i>	0,28	0,86	0,27	0,33

(*) dados extraídos do Relatório Preliminar (CETESB, 1995)

Os resultados mostram que o valor de gs, após 18 meses de exposição, aumenta nas 3 áreas, quando comparados ao valor inicial, à exceção da espécie *Cecropia*. Sugere-se maiores investigações para confirmação desses resultados.

4.3 Área Foliar Média, Peso Foliar Médio e Esclerofilia para as Espécies nas Três Áreas de Estudo

A Tabela 3 reúne, para as 12 espécies analisadas e para as 3 áreas de estudo, os valores da Área Foliar Média (AFM), Peso Foliar Médio (PFM) e, Peso Específico Foliar Médio (PEFM) ou Esclerofilia.

Os valores apresentados representam a média das medições realizadas nas 10 folhas coletadas.



Tabela 3: Valores de Área Foliar Média (AFM), Peso Foliar Médio (PFM) e Peso Específico Foliar Médio (PEFM)

ESPÉCIE	ÁREA	AFM (cm ²)	PFM (mg)	PEFM (mg/cm ²)
<i>Cecropia</i>	VP	173,57	1026,9	5,92
	VM	41,80	176,45	4,22
	CM	106,00	586,28	4,96
<i>Costus</i>	VP	43,12	285,38	6,62
	VM	82,24	415,50	5,05
	CM	46,94	393,22	8,38
<i>Cryptocarya</i>	VP	51,14	525,82	10,28
	VM	-	-	-
	CM	54,84	497,97	9,08
<i>Cryosophillum</i>	VP	39,98	644,76	16,12
	VM	36,10	558,82	15,48
	CM	50,32	878,29	17,45
<i>Euterpe</i>	VP	11,93	119,65	10,03
	VM	17,50	172,86	9,86
	CM	9,29	73,90	7,95
<i>Ficus</i>	VP	63,49	390,74	6,15
	VM	63,63	518,69	8,15
	CM	41,64	294,55	7,07
<i>Hedichium</i>	VP	21,66	183,04	8,45
	VM	19,60	135,00	6,89
	CM	16,36	136,46	8,34
<i>Piper</i>	VP	30,31	344,22	11,36
	VM	20,60	349,80	16,99
	CM	26,70	285,43	10,70
<i>Psidium</i>	VP	19,35	276,44	14,29
	VM	23,32	350,98	15,05
	CM	27,10	384,74	14,29
<i>Pterocarpus</i>	VP	32,91	224,82	6,83
	VM	26,21	251,03	9,58
	CM	33,84	206,83	6,11
<i>Tibouchina</i>	VP	19,35	176,46	9,12
	VM	7,49	74,65	9,97
	CM	8,3	61,46	7,4
<i>Virola</i>	VP	38,18	390,14	10,22
	VM	-	-	-
	CM	16,3	128,25	7,87

VP – Vale dos Pilões
 VM – Vale do Moji
 CM – Caminho do Mar

Em relação à esclerofilia, quando se compara os resultados obtidos entre as áreas poluídas e controle, observa-se uma tendência de ocorrência de folhas menos esclerófilas nas áreas poluídas, com exceção de *Costus*, *Crysophyllum* e *Ficus* no Caminho do Mar e *Ficus*, *Piper*, *Psidium*, *Pterocarpus* e *Tibouchina* no Vale do Moji. Tais resultados corroboram com FIALHO (1997), que observou valores de esclerofilia menores em áreas poluídas.

Levando em conta que 2 espécies não chegaram até o final do experimento, para 10 das remanescentes estudadas, observou-se menor esclerofilia no Caminho do Mar para 6 delas, indicando que a tipologia da poluição atmosférica do Caminho do Mar age, no parâmetro esclerofilia, de forma diferente do que no Vale do Moji.

4.4 Crescimento das Plantas nas 3 Áreas Estudadas

O crescimento das plantas foi avaliado pela diferença da altura do caule das plantas, antes e após 18 meses de exposição.

A Tabela 4 reúne dados referentes ao crescimento de espécies arbustivas e arbóreas. Os dados (em cm), representam as médias das 3 repetições de cada espécie, em cada local, referentes à altura de cada planta, medidas do solo à gema apical (altura do caule).

Tabela 4: Dados de crescimento das plantas em VP, VM, e CM, após 18 meses de exposição

ESPÉCIE	CRESCIMENTO EM ALTURA (cm)		
	Vale dos Pilões	Caminho do Mar	Vale do Moji
<i>Cecropia</i>	56	33	35
<i>Cryptocarya</i>	65	57	22
<i>Chrysophyllum sp</i>	67	26	48
<i>Euterpe</i>	13	13	16
<i>Ficus</i>	51	24	46
<i>Psidium</i>	101	64	74
<i>Pterocarpus</i>	69	28	56
<i>Tibouchina</i>	47	46	60
<i>Virola</i>	70	6	-

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De uma forma geral, todos os parâmetros avaliados se alteraram com as diferentes condições atmosféricas, tal como discutido a seguir:

- **Ponto de compensação à luz (PCL)**

Observou-se uma tendência de aumento no valor desse parâmetro, quando comparados os valores obtidos nas áreas poluídas em relação à área controle, bem como, quando comparados os valores obtidos antes e após a exposição de 18 meses. Tais observações indicam que as plantas, mais estressadas pelo efeito da poluição atmosférica, demandam um maior nível de radiação fotossinteticamente ativa para que possam realizar seu metabolismo.

As exceções para essa tendência foram observadas nas espécies *Costus*, que como já foi mencionado é uma espécie herbácea, que sofre muita interferência e *Cryptocarya*, para qual os valores obtidos foram considerados discrepantes.

- **Capacidade fotossintética máxima (Amax)**

Os valores obtidos para este parâmetro indicaram uma redução da assimilação de CO₂ pela planta, quando exposta à poluição, para a maioria das espécies. Tal hipótese, no entanto, deverá ser melhor avaliada, uma vez que essa tendência pode estar relacionada ao comportamento individual dessas espécies de Mata Atlântica, ainda não estudadas, tradicionalmente, sob a mesma ótica.

- **Condutância estomática (gs)**

Com exceção da espécie *Cecropia* houve um aumento desse parâmetro após a exposição de 18 meses à poluição, sugerindo que a atividade estomática das plantas aumenta sob efeito da poluição.

- **Esclerofilia**

Observando os valores obtidos para esse parâmetro, verificou-se que, à exceção de apenas 3 espécies no Caminho de Mar e 4 espécies no Vale do Moji, todas as outras espécies apresentaram diminuição nesses valores nas áreas poluídas, quando comparadas às plantas na área controle.

Tal fato pode indicar que em áreas menos poluídas, como é o caso do Vale dos Pilões, de forma geral, as plantas se apresentam mais esclerófilas.

O presente estudo avaliou esse parâmetro para plantas jovens envasadas. FIALHO (1997) observou em seu estudo que o mesmo ocorre com plantas adultas, já estabelecidas em campo, que se mostraram menos esclerófilas no Vale do Moji que no Vale dos Pilões.

Supõe-se então, que plantas em condições menos estressantes investem mais energia em estrutura que plantas em áreas com diferentes tipos de poluição. Sugere-se mais investigações para confirmar tal suposição.

- **Crescimento em altura das plantas**

Esse parâmetro indica uma tendência de diminuição do crescimento das plantas nas áreas poluídas, com exceção das espécies *Euterpe* e *Tibouchina*.



Unidade de Saneamento Ambiental
BIBLIOTECA

6. CONCLUSÃO

De uma forma geral, os valores obtidos, tanto para os parâmetros fisiológicos, como para os biométricos avaliados, indicam que a poluição atmosférica interfere no metabolismo das plantas, uma vez que se observou alterações nas trocas gasosas e nos padrões de crescimento e desenvolvimento das espécies estudadas.

No entanto, se faz necessário um maior aprofundamento dos estudos para que se possa chegar a uma aplicação prática dos resultados obtidos.

No momento, por existirem métodos mais práticos, diretos, rápidos, eficazes e menos onerosos para indicar se a vegetação está sendo afetada ou não pela poluição local, não se recomenda esse tipo de metodologia para o trabalho de rotina do setor EQSE, pois o reconhecimento quantitativo dos efeitos da poluição local sobre as plantas pode ser caracterizado por alguns bioindicadores, já desenvolvidos pelo setor.

A recomendação do uso da metodologia adotada no presente relatório se faz necessária quando houver demanda de uma determinação qualitativa do efeito da poluição no metabolismo vegetal.

Conclui-se enfim, que mesmo se padronizando a maioria dos parâmetros ambientais (luz, umidade, solo, declividade), conforme o descrito na metodologia, o trabalho realizado destinou-se apenas para indicar a tendência dos efeitos sinérgicos sobre as plantas, dos vários componentes, associados da poluição local, sem avaliar o efeito isolado de cada poluente.

Estes resultados não corroboram com os resultados obtidos em CETESB (1995b) e CETESB (1999), onde foram plantadas mudas das mesmas espécies usadas no presente trabalho, diferindo por estarem sob a proteção do dossel natural existente, obtendo-se justamente o oposto dos resultados obtidos neste trabalho, ou seja, maior crescimento nas áreas poluídas.

Tais discrepâncias de resultados sugerem que as mudas, quando expostas diretamente sob as condições atmosféricas, passam a sofrer os efeitos diretos dos poluentes atmosféricos, o que explicaria a diminuição de crescimento nas áreas poluídas, constatado no presente estudo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, C.D.; GODINHO, R. **A evolução da qualidade do ar em Cubatão**. Química Nova, V. 15, N.20. 1992.
- APPLEGATE, H.G.; ADAMS, D.F. Effect of atmospheric fluoride on respiration of bush beans. **Botanical Gazette** p. 223-227, 1960.
- AZEVEDO, C.M.A.; POMPÉIA, S.L.; FIALHO, R. C.; DINIZ, K.M. **Efeitos da poluição atmosférica sobre a vegetação da Serra do Mar em Cubatão-SP**. São Paulo : CETESB,. 1993. 15p. (Relatório Técnico)
- BUDOWSK, G. **Distribution of Tropical America Rain Forest Species of Successional Processes**. Turrealba, v.15(1), p. 40-42. 1965.
- BUSTAMANTE, M.M.C. Efeitos fisiológicos e bioquímicos do flúor em dois cultivares de soja (*Glycine max L. Maril*). Viçosa, MG. **Dissertação de Mestrado**. 75p. 1988.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade do Ar na Região Metropolitana de São Paulo e em Cubatão**. Relatório Técnico. São Paulo. 1984.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Estudo de Trocas Gasosas em Plantas Submetidas à Poluição Atmosférica em Cubatão: Resultados Preliminares de Campo**. Relatório Técnico. São Paulo, 1995a.
- CETESB - **Monitoramento do desenvolvimento das espécies da Mata Atlântica introduzidas em três bosques experimentais no Vale do Moji, Caminho do Mar e Vale dos Pilões. Cubatão- SP. Primeiro Relatório de Acompanhamento**. Relatório Técnico. São Paulo. 1995b.
- CETESB - **Monitoramento do desenvolvimento das espécies da Mata Atlântica introduzidas em três bosques experimentais em Cubatão- SP**. Relatório Técnico. São Paulo. 1999.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia University Press, N.Y. 1262 p. 1981.
- DARRAL, N. M. The effect of air pollutants on physiological process in plants. **Plant Cell and Environment**. nº 12, p. 1-30, 1989.
- FIALHO, R.C. Acumulação foliar de fluoretos e seu significado ecológico, em espécies arbóreas da Mata Atlântica, Cubatão, SP. **Dissertação de Mestrado em Ecologia**. Instituto de Biociências – USP. 100 p. 1997.
- KLUMPP, A. Air pollution and vegetation damage at the Serra do Mar near Cubatão, SP. In: **XLMI Congresso Nacional de Botânica, Ribeirão Preto-SP**. p. 375. 1995.

- KLUMPP, A.; KLUMPP, G.; DOMINGOS, M. Plants as bioindicators of air pollution at the Serra do Mar near industrial complex of Cubatão, Brazil. **Environmental pollution**, n.85, p. 109- 116, 1994 .
- MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola: Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo**. São Paulo, Agronomia Ceres, 1976. 503p.
- POMPÉIA, S.L; AZEVEDO, C.M.A; FIALHO, R.C; DINIZ, K.M; PELAES, K.B. **Efeitos da poluição atmosférica sobre a vegetação no Estado de São Paulo**. In: Projeto BRASIL-ALEMANHA vegetation module, 1992 summary report by CETESB "group. São Paulo-SP. CETESB.45p. 1992.
- POMPÉIA, S.L. Sucessão secundária de Mata Atlântica em áreas afetadas pela poluição atmosférica Cubatão, SP. São Paulo: USP, 1997. **Tese de Doutorado**. Univ. de São Paulo, 1997.
- PRADELLA, D.Z.A. Estudos com *Tibouchina pulchra* Cogn. (Melastomataceae) - (MANACÁ DA SERRA) submetida a estresse por poluição na Serra do Mar em Cubatão -SP- Brasil. São Carlos- SP. UFSCar. **Dissertação de Mestrado**. 1997.
- PRADO, C.H.B.A.; MORAES, A.P.V; MATTOS, E.A. Gas exchange and leaf water status in potted plants of *Copaifera langsdorfii*: 1. Responses to water stress. **Photosynthetica**, v.30, n.2, p. 207-213, 1994.
- PRADO, C.H.B.A.; MORAES, A.P.V. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty wood species of Cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica**, v.33, n.1, p. 103-112, 1997.
- PRADO, C.H.B.A.; MORAES, A.P.V; MATTOS, E.A. Gas exchange and leaf water status in potted plants of *Copaifera langsdorfii*: 2. Probable influence of low air humidity. **Photosynthetica**, v.31, n.1, p.207-213, 1995.
- ROCHA, A.M.S & MORAES P.V.. Influência do estresse hídrico sobre as trocas gasosas em plantas jovens envasadas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.). Coville. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.9, n.1, p43-48, 1997.
- RUBIN FILHO, C.J. **Respostas fisiológicas e anatômicas de plantas jovens de *Inga vera* Wild (Leguminosae- Mimosoidae) sob condições de alagamento**. São Carlos: UFSCAR, 1997. São Carlos: UFSCar, 1977. Tese de Doutorado- Univ. Federal de São Carlos, 1997.

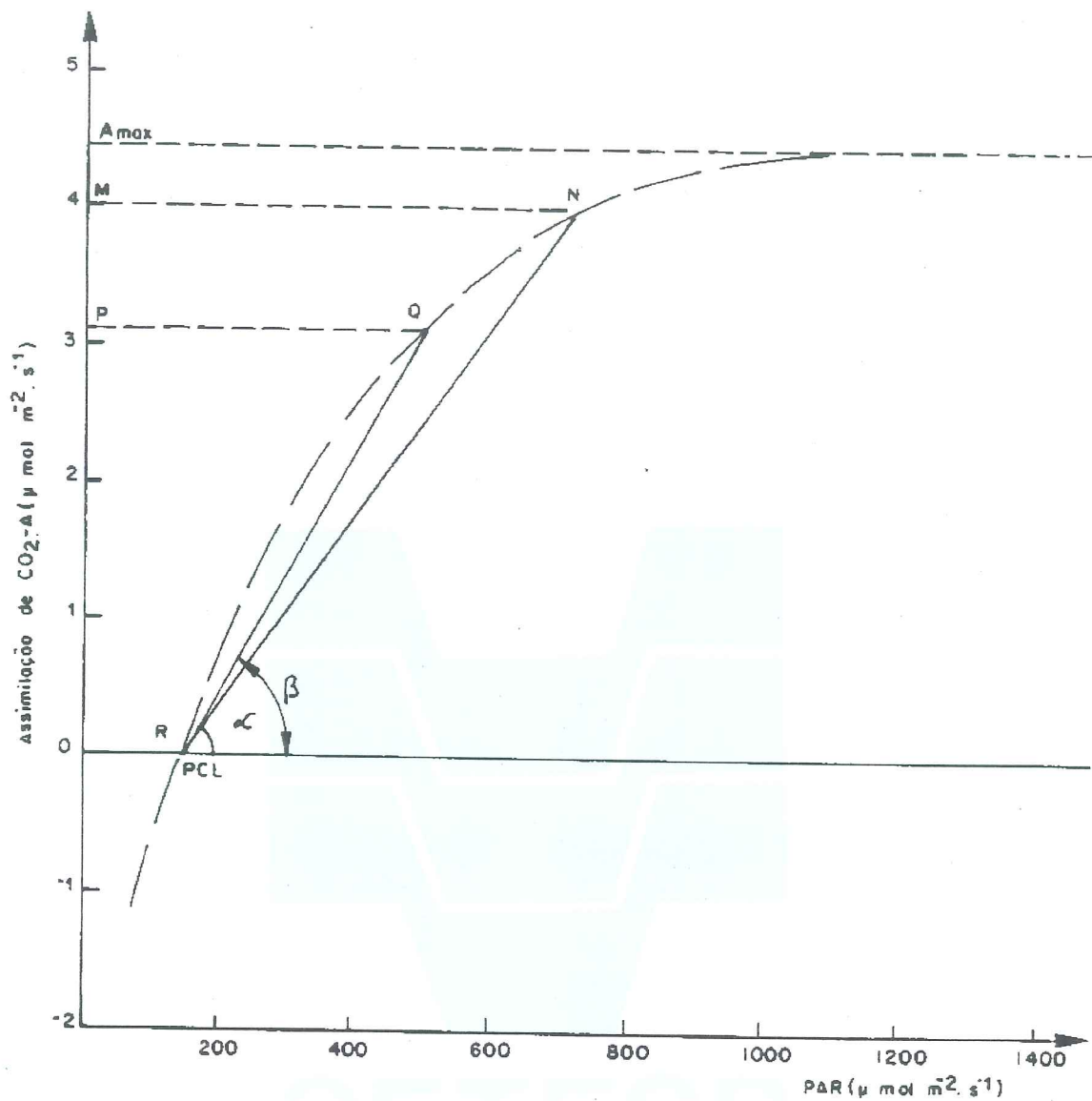


ANEXO 1

CURVA ESQUEMÁTICA DE SATURAÇÃO DA FOTOSSÍNTESE

CETESB

Curva esquemática de saturação da fotossíntese



LEGENDA

- OR - Ponto de compensação à luz (PCL)
- OA_{max} - Capacidade fotosintética máxima (A_{max})
- OM - 90% da capacidade fotosintética máxima (0,9 x A_{max})
- OP - 70% da capacidade fotosintética máxima (0,7 x A_{max})
- MN - Radiação que representa 90% da A_{max}
- PQ - Radiação que representa 70% da A_{max}
- α e β - Ângulos da secante RN e RQ (indicativos da inclinação da curva de saturação)
- K - Função de α e β
- R² - Coeficiente de correlação da curva

ANEXO 2

**CURVAS DE SATURAÇÃO DA FOTOSÍNTESE OBTIDAS A PARTIR DAS
MEDIÇÕES DE CAMPO**

CETESB

CURVAS DE SATURAÇÃO DA FOTOSSÍNTESE OBTIDAS A PARTIR DAS MEDIÇÕES DE CAMPO

As curvas de saturação da fotossíntese apresentadas neste anexo foram obtidas a partir da medição de campo, realizada após 18 meses de exposição, com o auxílio do programa Microcal Origin, versão 3.5.

A título de ilustração, foi apresentada no Anexo 1, uma curva esquemática de saturação de fotossíntese, com indicação das principais características geométricas empregadas no cálculo dos parâmetros de interesse.

No final do anexo são apresentados os quadros 2, 3 e 4, os quais resumem os valores dos parâmetros obtidos para as espécies estudadas, nas três áreas experimentais (Vale dos Pilões – VP, Vale do Moji – VM e Caminho do Mar – CM), respectivamente.



Tibouchina

VP: a - PCL=OA = 58,10

b - OM = $0,9 \times 8,27 = 7,44$ A

c - OP = $0,7 \times 8,27 = 5,79$ A

MN = 540 PAR $\alpha = 52^\circ$

PQ = 287 PAR $\beta = 55^\circ$

VM: a - PCL= OA = 61,68 PAR

b - OM = $0,9 \times 5,83 = 5,25$ A

c - OP = $0,7 \times 5,83 = 4,08$ A

MN = 475 PAR $\alpha = 42^\circ$

PQ = 279 PAR $\beta = 54^\circ$

CM: a - PCL= OA = 65,59 PAR

b - OM = $0,9 \times 5,96 = 5,36$ A

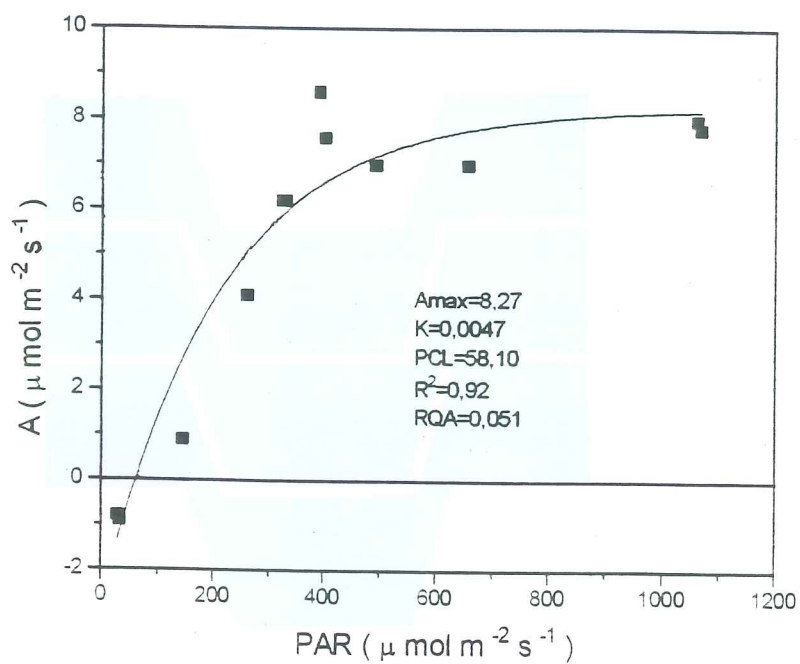
c - OP = $0,7 \times 5,96 = 4,17$ A

MN = 1.175 PAR $\alpha = 22^\circ$

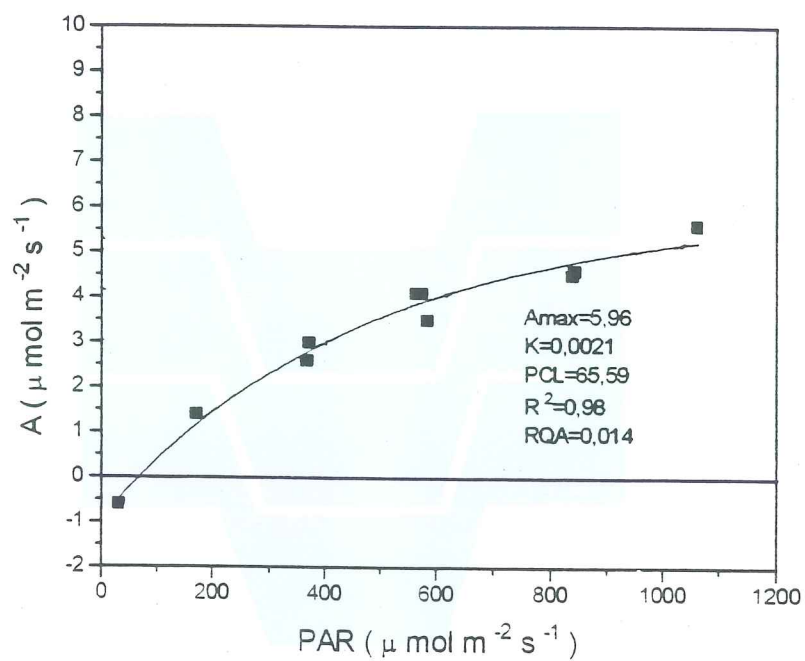
PQ = 610 PAR $\beta = 31^\circ$

Para as 3 áreas, $A = 0$ ocorre para valores aproximadamente iguais de PAR. A taxa de crescimento, entretanto, é nitidamente superior para VP e VM do que para CM, em que 90% de A_{max} só é alcançado para 1.175 PAR. As inclinações de VP e VM são aproximadamente iguais, mas A_{max} de VP é sensivelmente superior.

CETESB

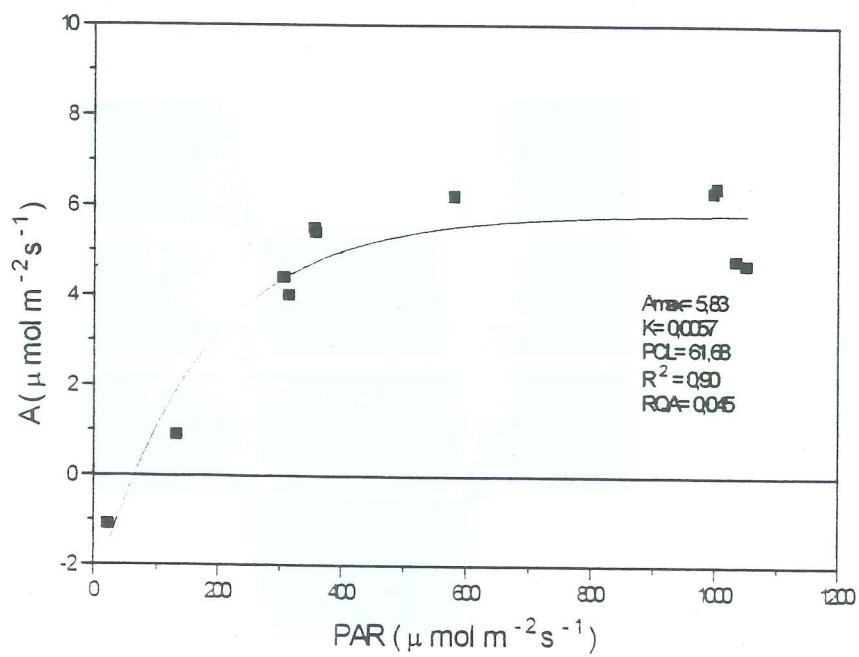


Curva radiação fotossinteticamente ativa (PAR) x fotossíntese (A) de plantas jovens envasadas de *T. pulchra* no Vale dos Pilões.



Curva radiação fotossinteticamente ativa (PAR) x fotossíntese (A) de plantas jovens envasadas de *T. pulchra* no Caminho do Mar.

BIBLIOTECA



Curva radiação fotossinteticamente ativa (PAR) x fotossíntese (A) de plantas jovens envasadas de *T. pulchra* no Vale do Moji.

Psidium

VP: a - PCL= OA = 47,16 PAR

b - OM = $0,9 \times 5,08 = 4,57$ A

c - OP = $0,7 \times 5,08 = 3,56$ A

MN = 365 PAR $\alpha = 62^\circ$

PQ = 200 PAR $\beta = 70^\circ$

VM: a - PCL= OA = 80,10 PAR

b - OM = $0,9 \times 3,70 = 3,33$ A

c - OP = $0,7 \times 3,70 = 2,59$ A

MN = 420 PAR $\alpha = 55^\circ$

PQ = 259 PAR $\beta = 65^\circ$

CM: a - PCL= OA = 67,04 PAR

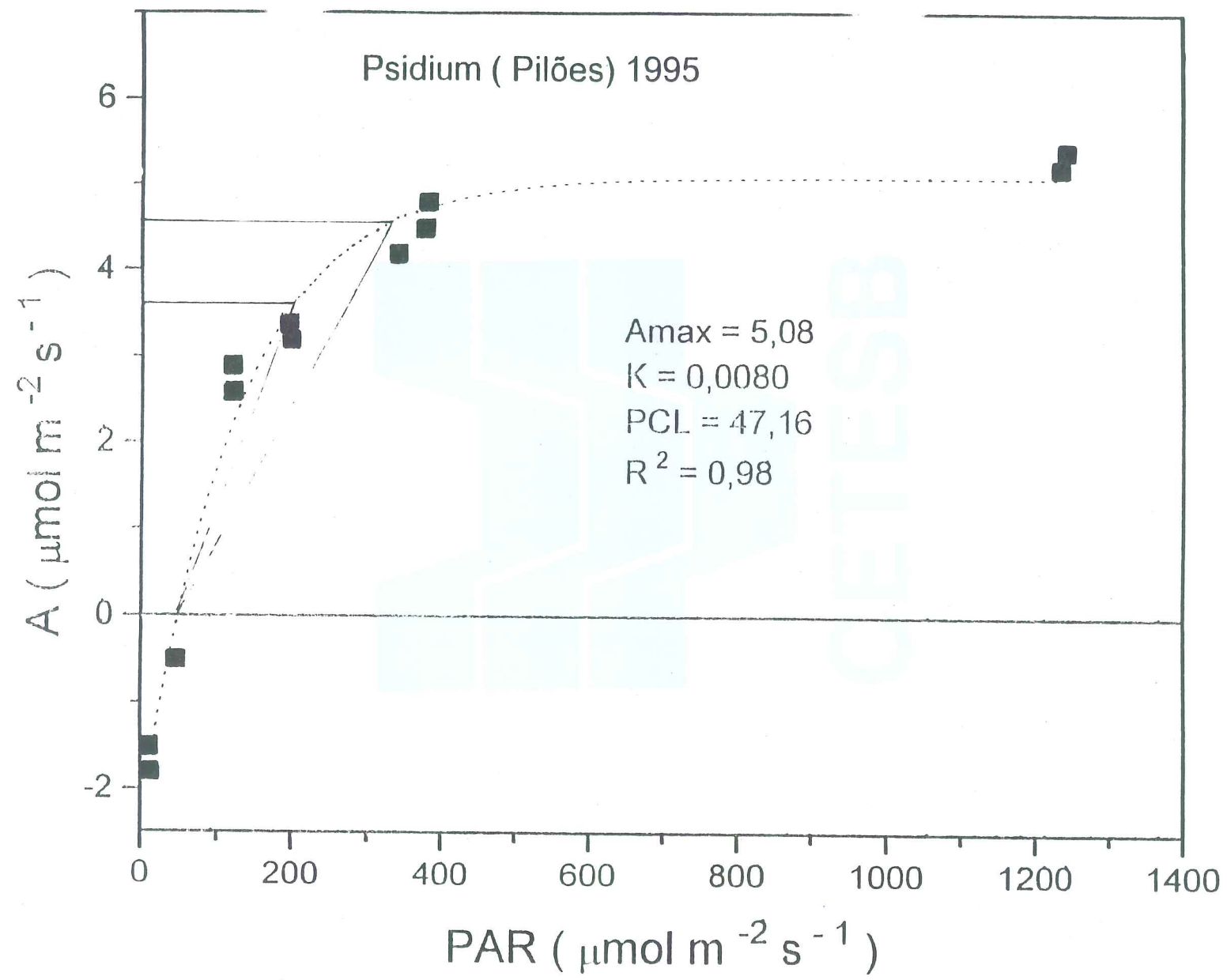
b - OM = $0,9 \times 3,75 = 3,38$ A

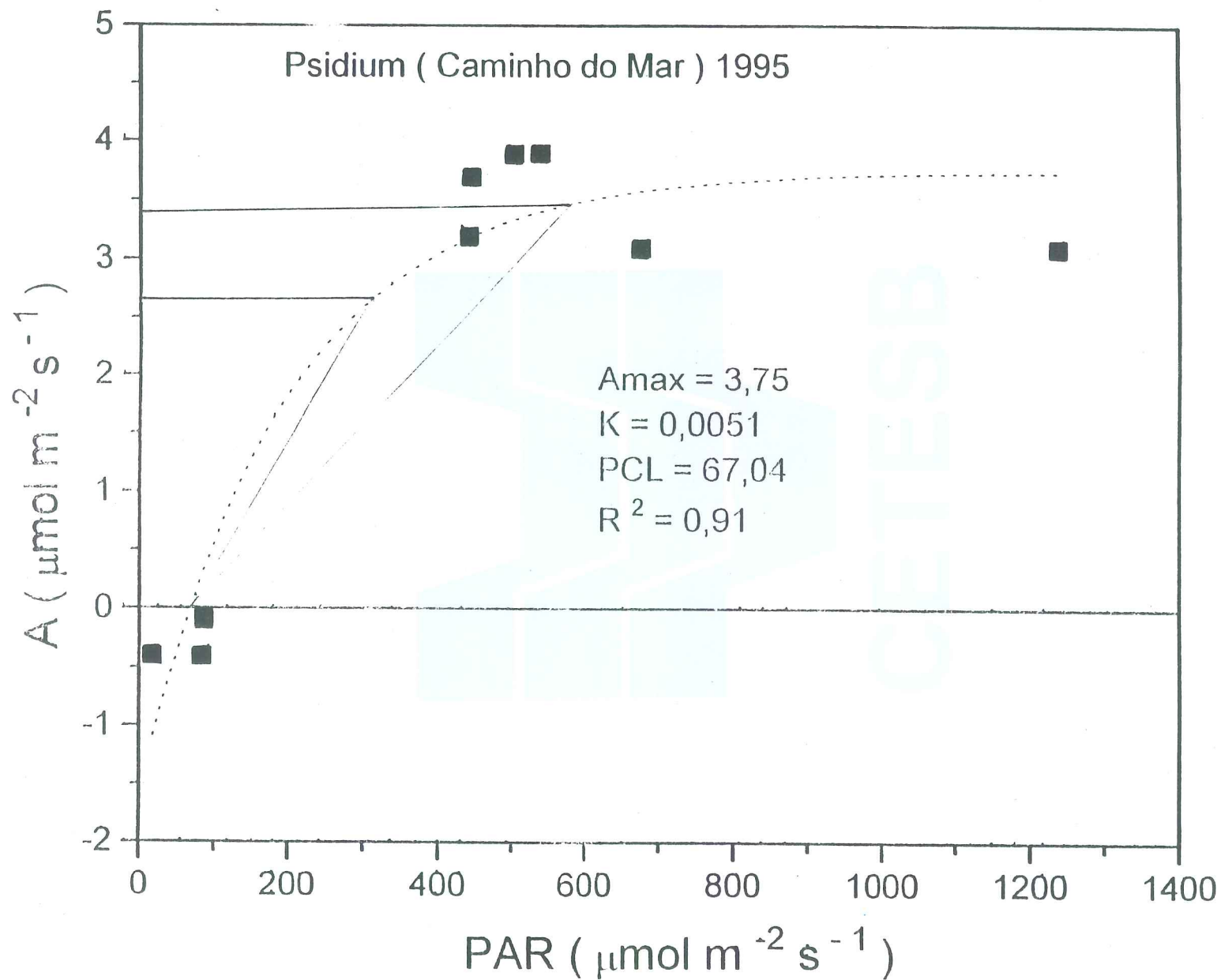
c - OP = $0,7 \times 3,75 = 2,62$ A

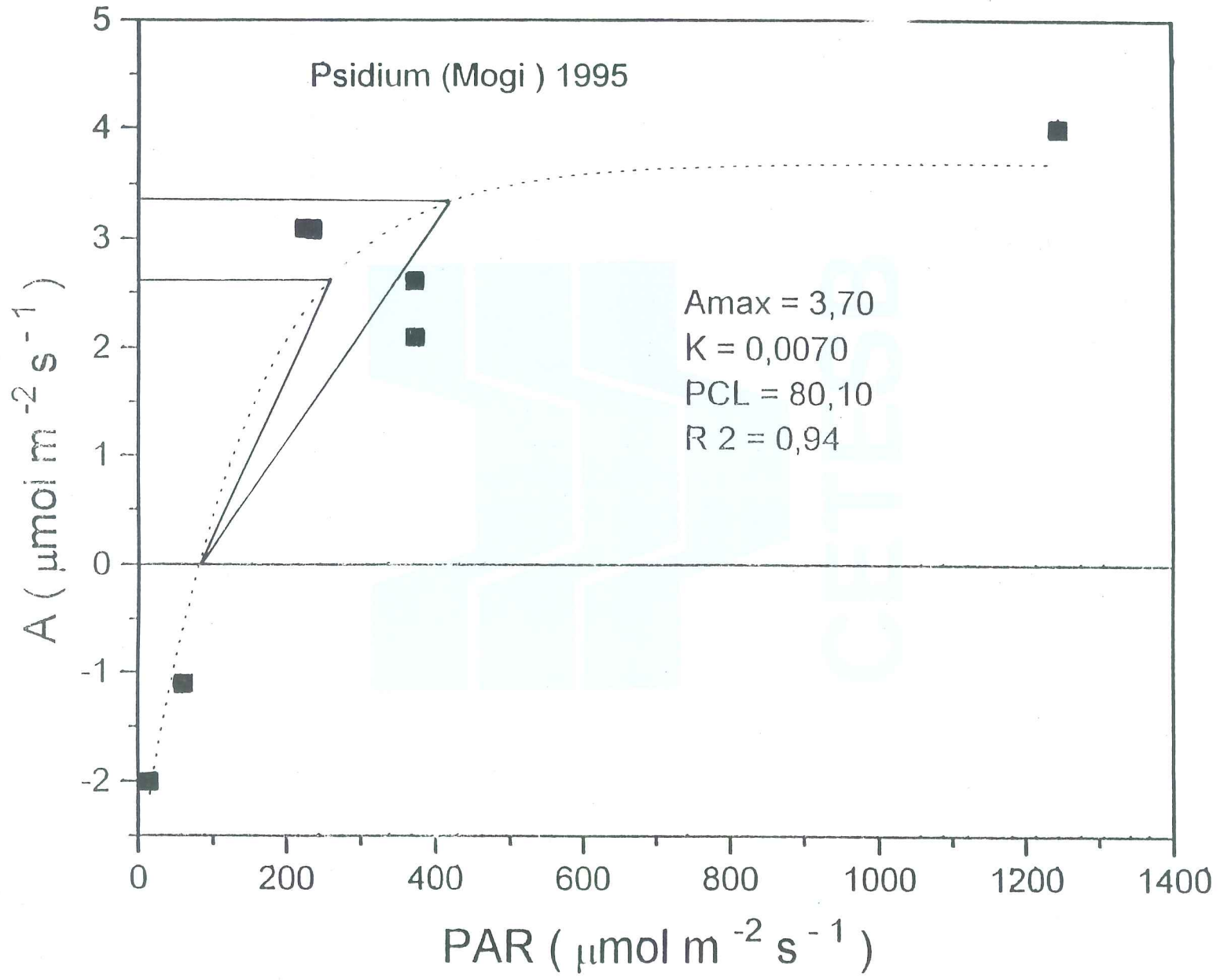
MN = 584 PAR $\alpha = 47^\circ$

PQ = 310 PAR $\beta = 60^\circ$

O comportamento fotossintético da espécie é superior em VP, onde A_{max} é alcançado com valor de PAR menor do que para VM e CM. Além disso, A_{max} para VP é maior do que para as outras áreas e tanto 90% como 70% são atingidos com menores valores de PAR. A inclinação da curva é maior para VP, como indicaram os valores de α e β .







Ficus

VP: a - PCL= OA = 42,76 PAR

b - OM = $0,9 \times 9,30 = 8,37$ A

c - OP = $0,7 \times 9,30 = 6,51$ A

MN = 488 PAR $\alpha = 53^\circ$

PQ = 295 PAR $\beta = 64^\circ$

VM: a - PCL= OA = 29,15 PAR

b - OM = $0,9 \times 9,42 = 8,48$ A

c - OP = $0,7 \times 9,42 = 6,59$ A

MN = 386 PAR $\alpha = 61^\circ$

PQ = 177 PAR $\beta = 69^\circ$

CM: a - PCL= OA = 42,50 PAR

b - OM = $0,9 \times 9,15 = 8,24$ A

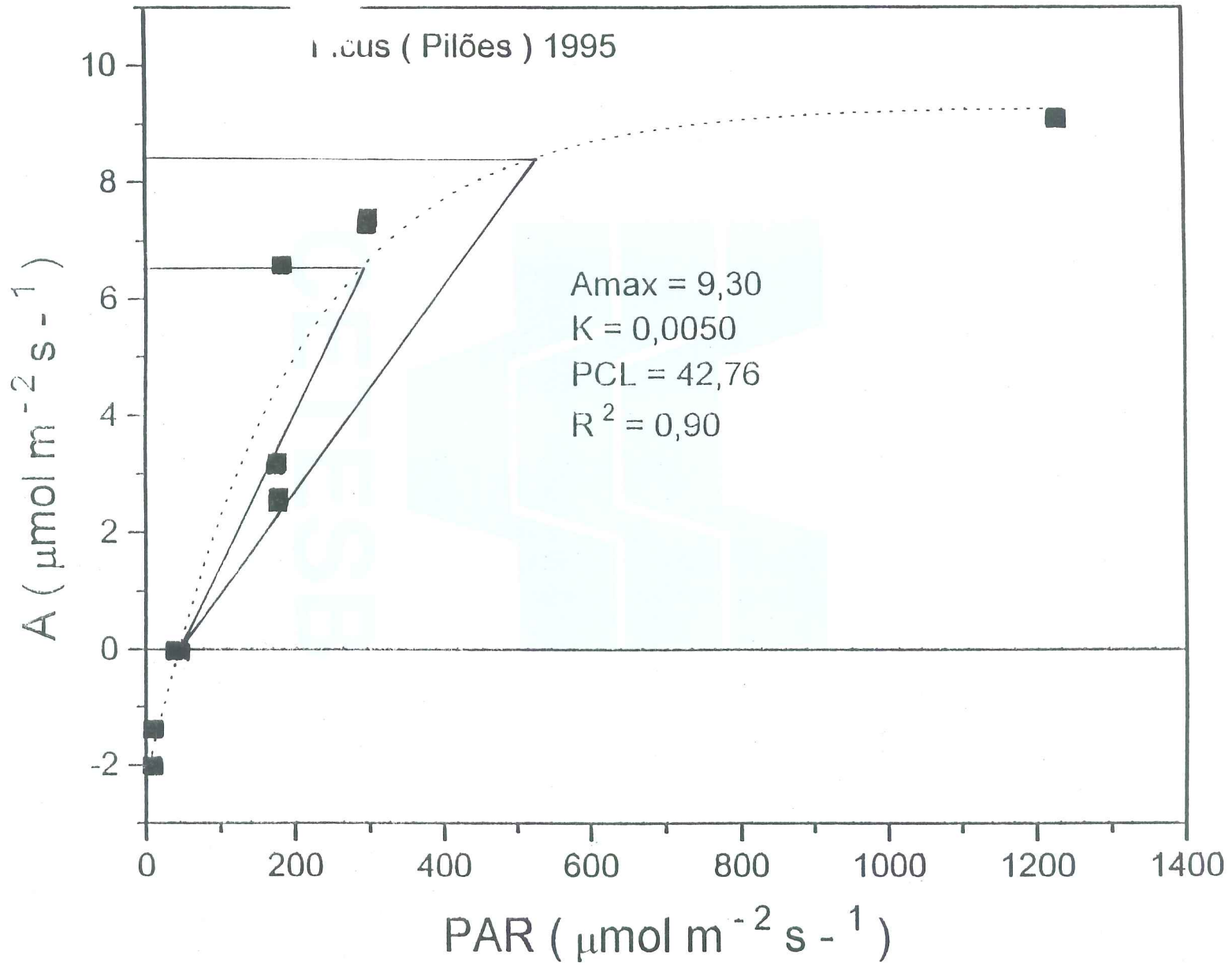
c - OP = $0,7 \times 9,15 = 6,40$ A

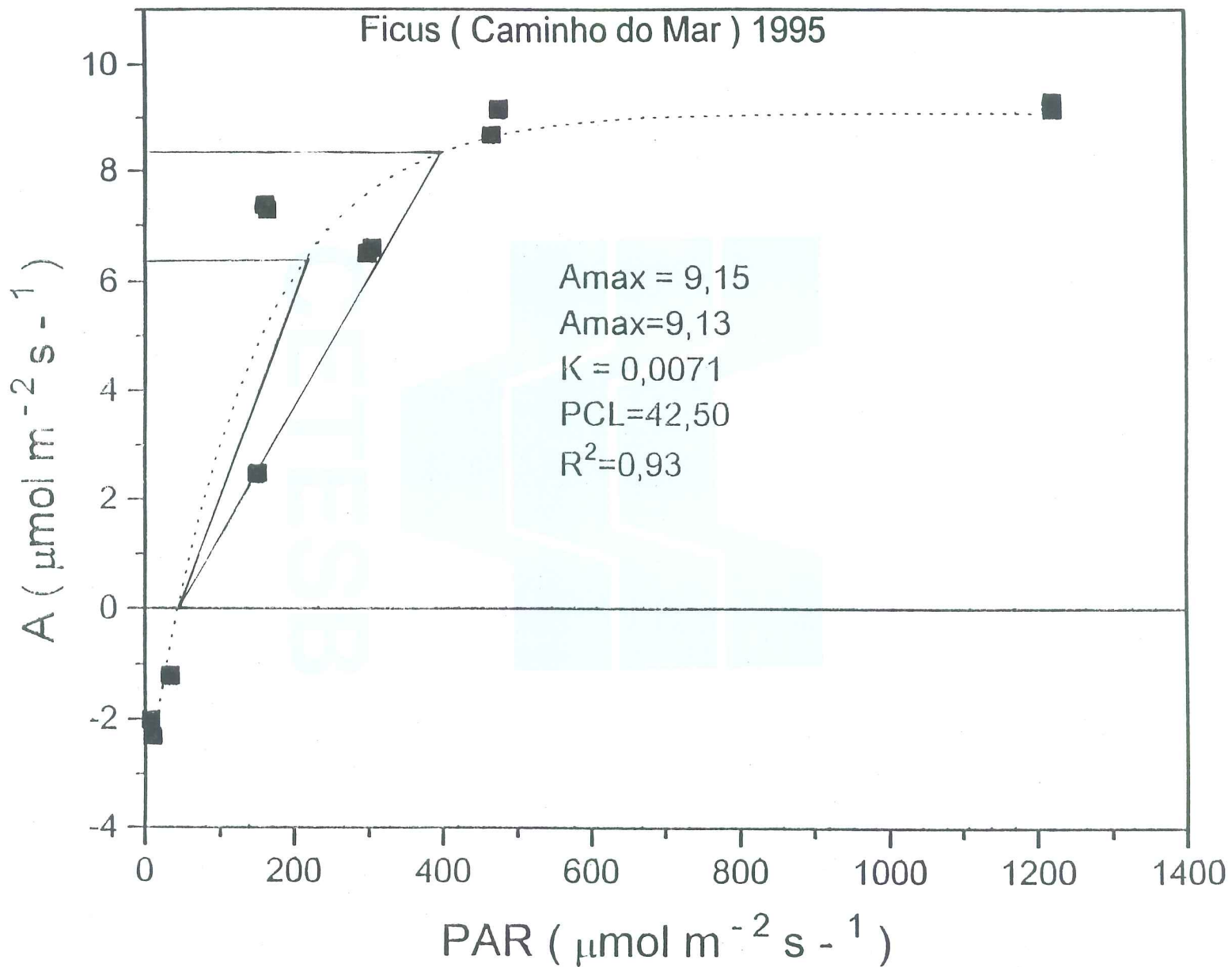
MN = 401 PAR $\alpha = 60^\circ$

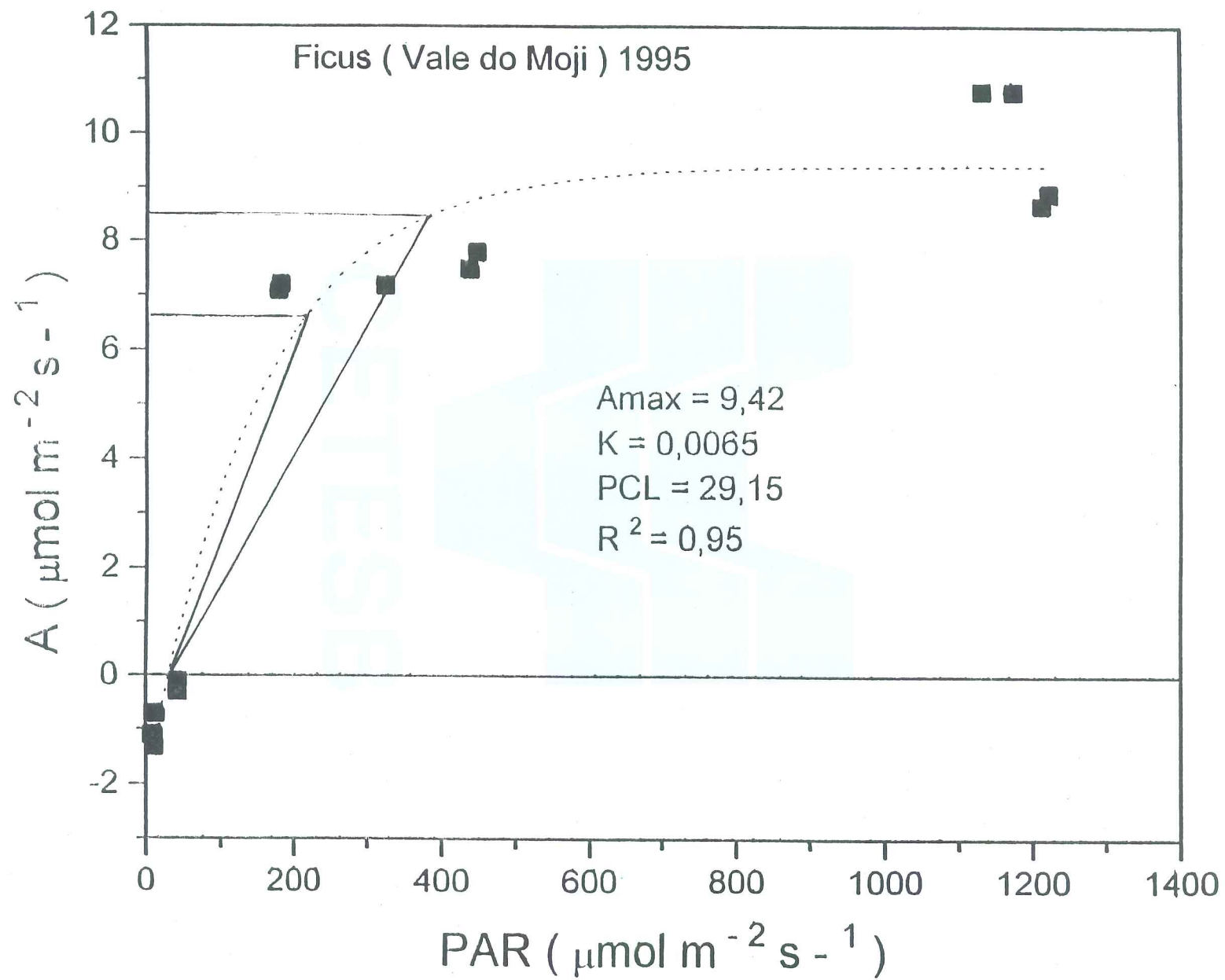
PQ = 177 PAR $\beta = 70^\circ$

O comportamento das 3 espécies é praticamente o mesmo quanto a Amax: 9,30, 9,42 e 9,15. Para VM e CM, 90% e 70% do máximo são atingidos para valores praticamente idênticos de PAR e maiores do que para VP. Também no que diz respeito à indicação de curva, VM e CM tem comportamento praticamente idênticos ($\alpha = 61^\circ$ e 60° ; $\beta = 69^\circ$ e 70°) e superiores a VP.

CETESB







Pterocarpus

VP: a - PCL= OA = 51,97 PAR
b - OM = $0,9 \times 3,91 = 3,51$ A
c - OP = $0,7 \times 3,91 = 2,74$ A

MN = 508 PAR $\alpha = 51^\circ$
PQ = 300 PAR $\beta = 61^\circ$

VM: a - PCL=OA = 56,43 PAR
b - OM = $0,9 \times 4,09 = 3,68$ A
c - OP = $0,7 \times 4,09 = 2,86$ A

MN = 405PAR $\alpha = 56^\circ$
PQ = 248 PAR $\beta = 60^\circ$

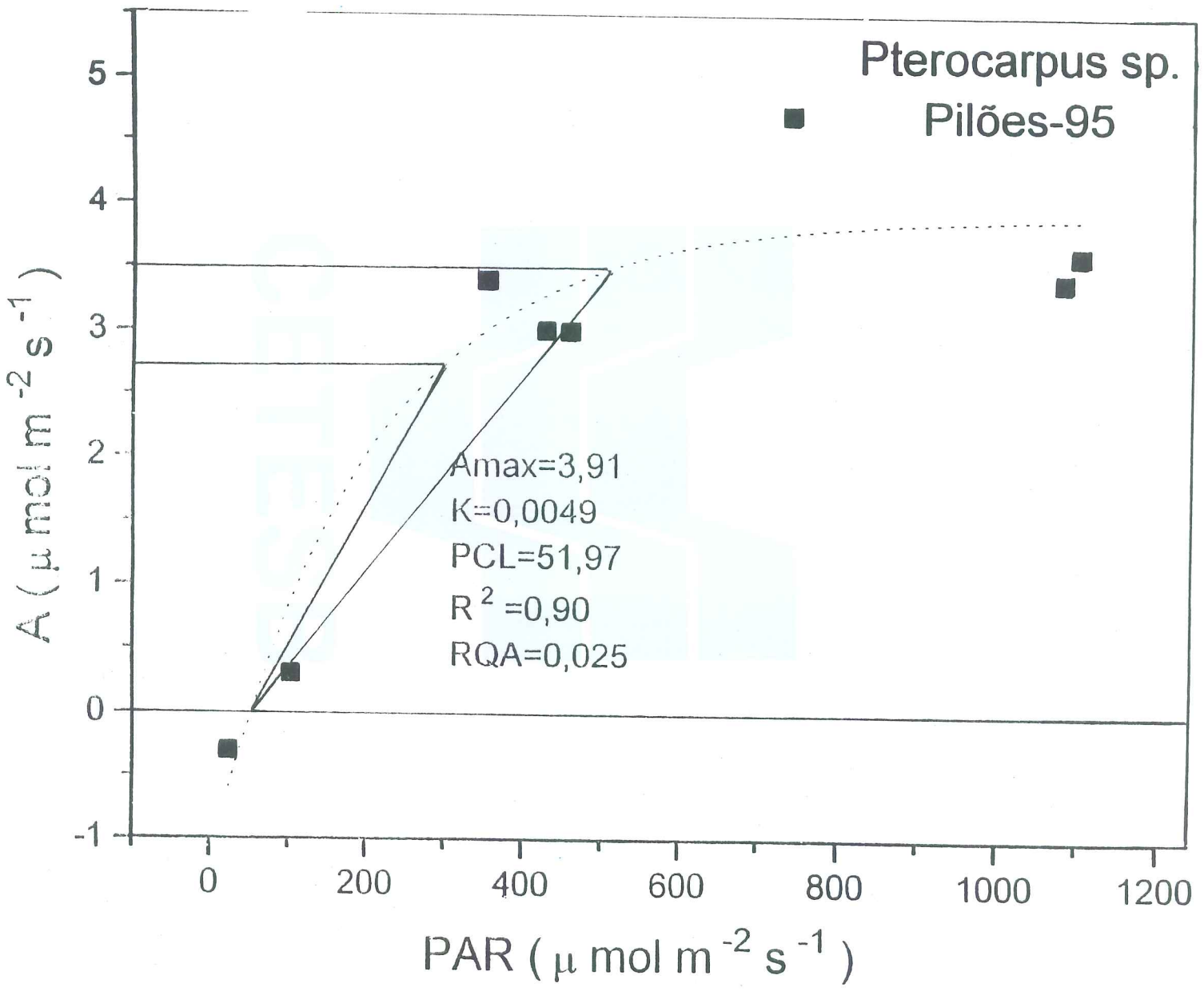
CM: a -PCL= OA = 45,30 PAR
b - OM = $0,9 \times 5,19 = 4,67$ A
c - OP = $0,7 \times 5,19 = 3,63$ A

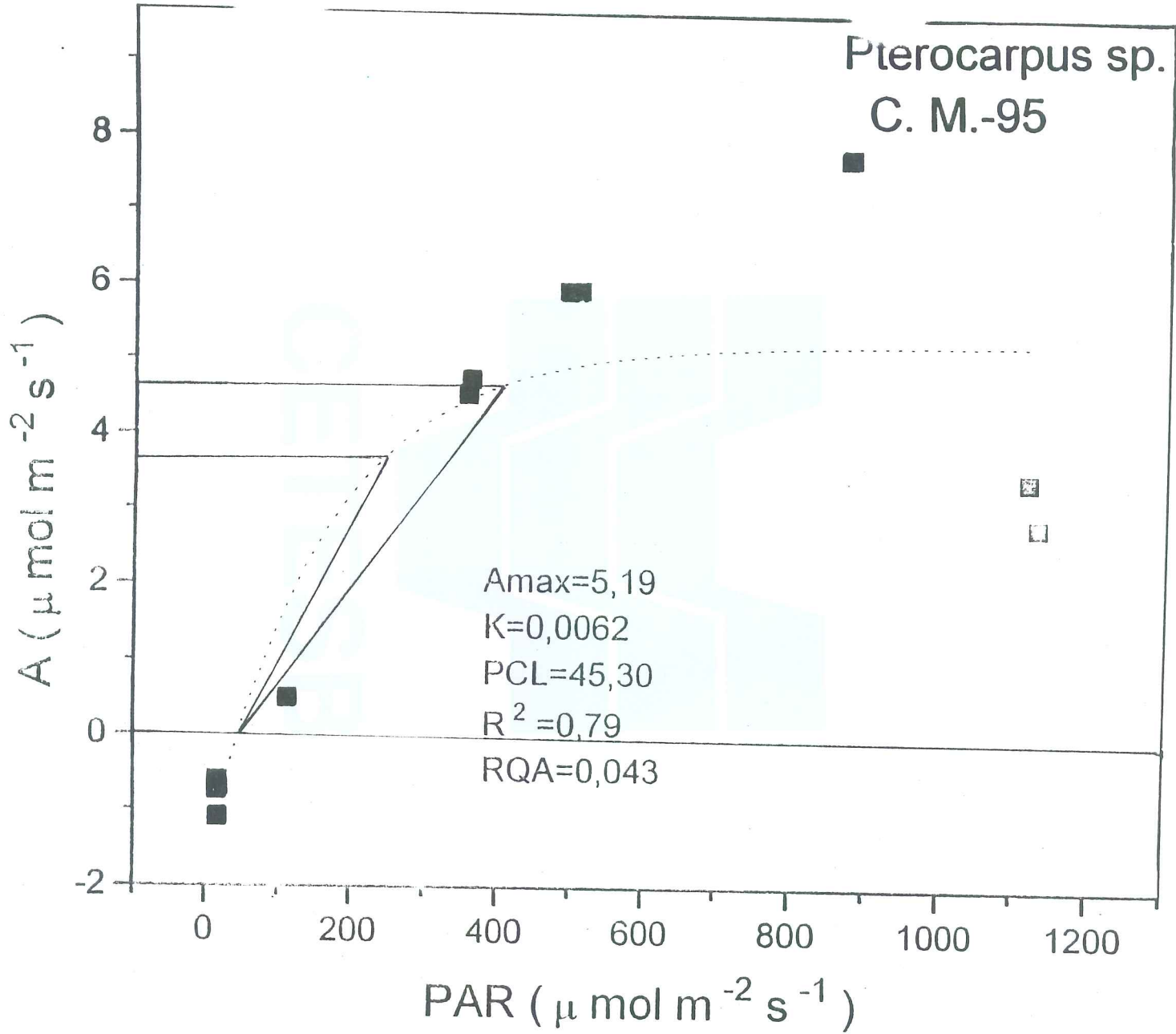
MN = 407 PAR $\alpha = 53^\circ$
PQ = 245 PAR $\beta = 62^\circ$

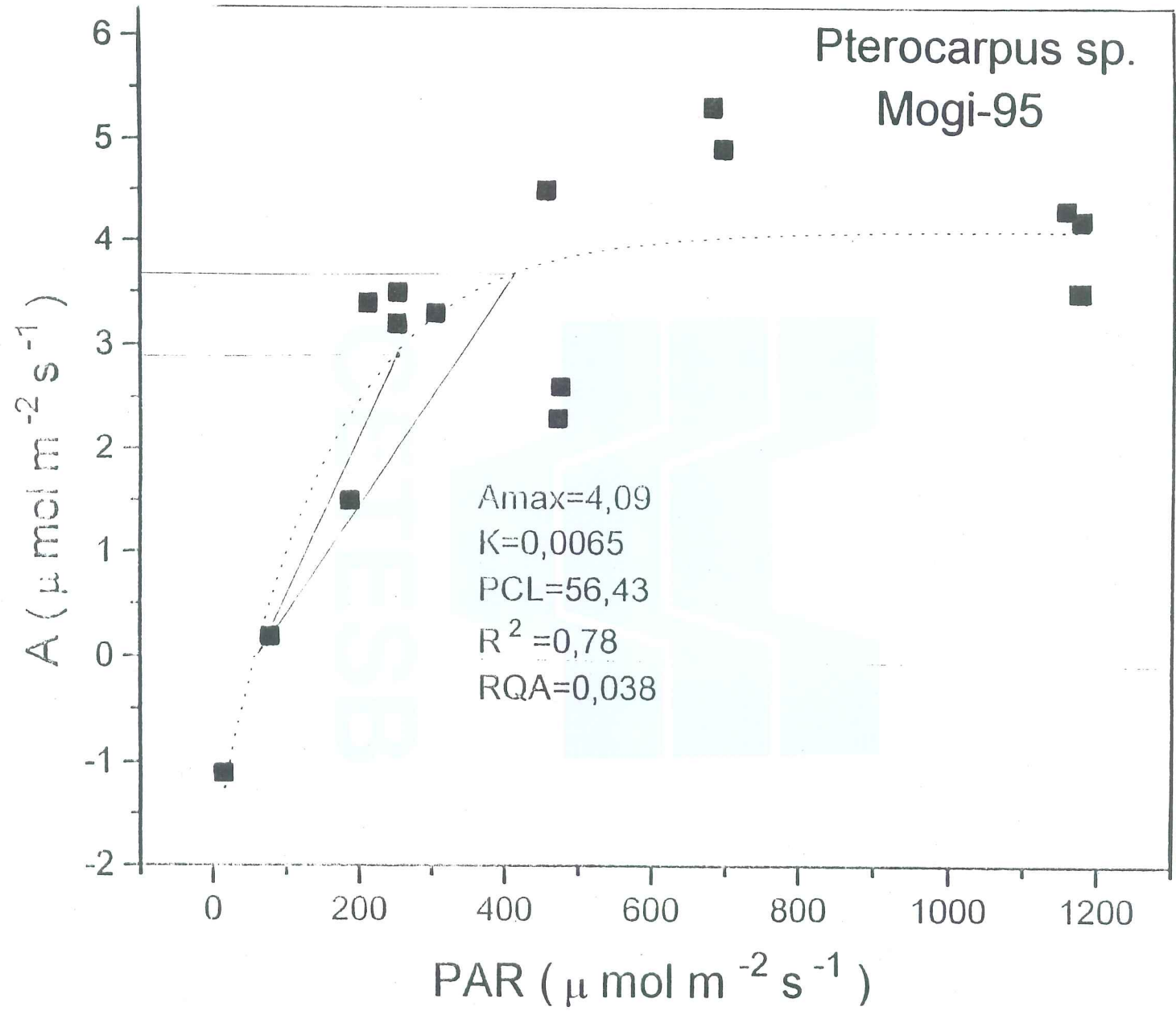
A espécie atinge o valor $A = 0$ para valores de PAR praticamente iguais nas 3 áreas. A partir de então, A_{max} alcançado é maior para CM e praticamente equivalente para VP e VM. Como as inclinações das curvas nas 3 áreas são praticamente idênticas, o valor máximo é alcançado para o maior valor de PAR em VP e equivalente para VM e CM.

CETESB

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA







Crysophyllum

VP: a - PCL= OA = 50,55 PAR
b - OM = $0,9 \times 5,32 = 4,79$ A
c - OP = $0,7 \times 5,32 = 3,72$ A

MN = 323 PAR $\alpha = 53^\circ$
PQ = 260 PAR $\beta = 64^\circ$

VM: a - PCL= OA = 40,96 PAR
b - OM = $0,9 \times 5,72 = 5,15$ A
c - OP = $0,7 \times 5,72 = 4,00$ A

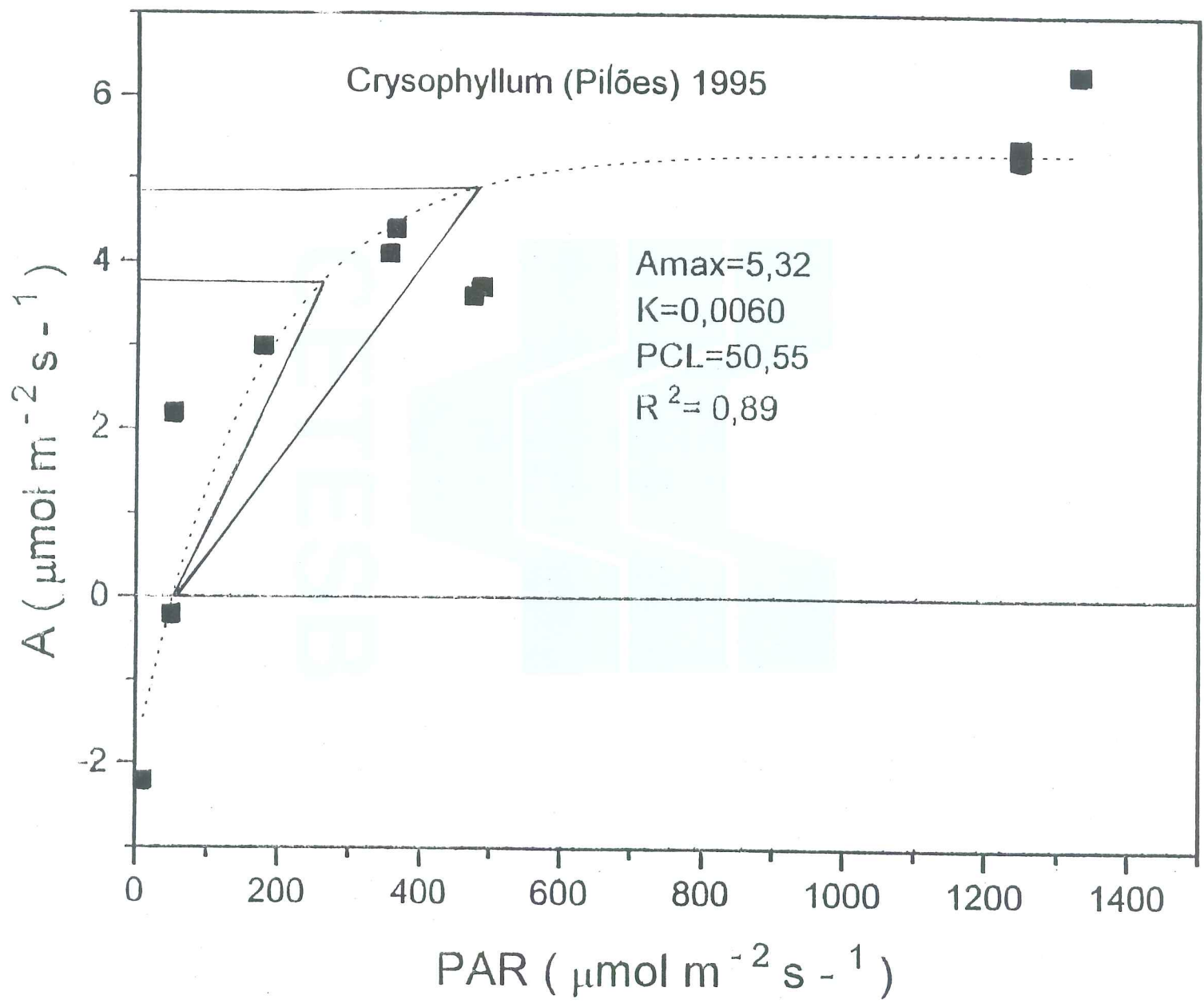
MN = 523 PAR $\alpha = 53^\circ$
PQ = 287 PAR $\beta = 64^\circ$

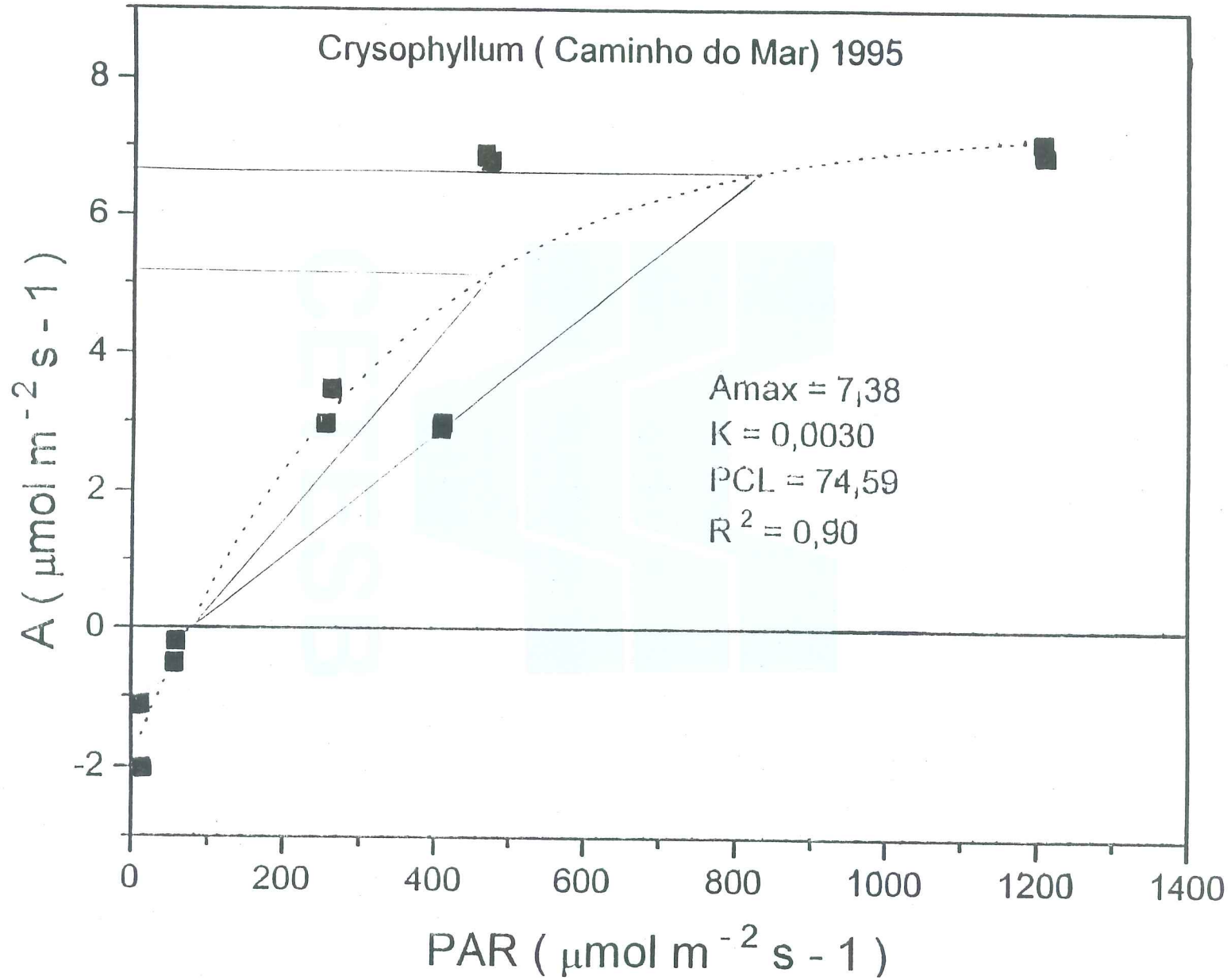
CM: a - PCL= OA = 74,59 PAR
b - OM = $0,9 \times 7,38 = 6,64$ A
c - OP = $0,7 \times 7,38 = 5,17$ A

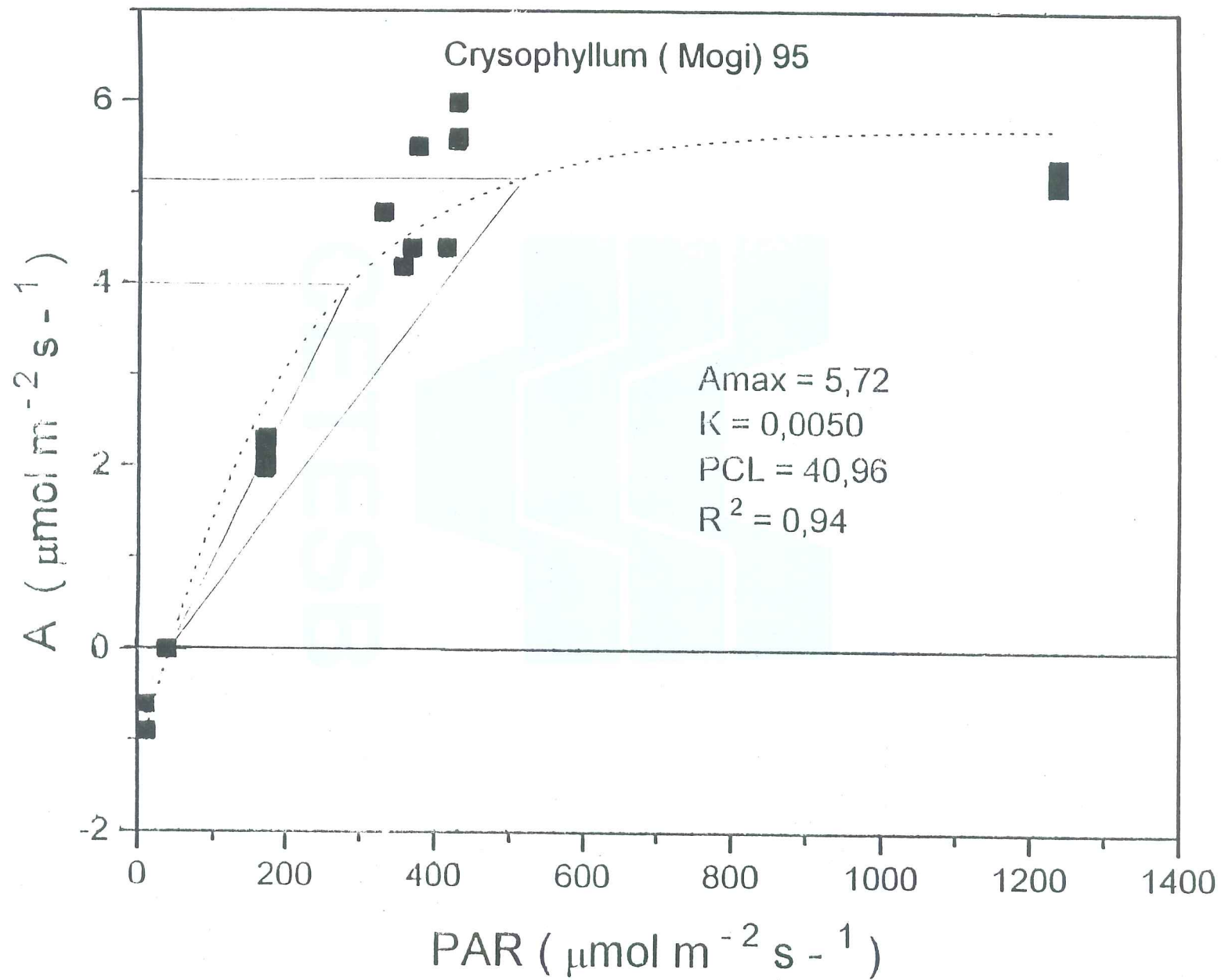
MN = 827 PAR $\alpha = 39^\circ$
PQ = 476 PAR $\beta = 50^\circ$

A espécie atinge o valor mais alto para A em CM, embora só alcance o valor 6,64 A para 827 PAR, dado que a inclinação da curva é visivelmente menor para VP e VM. Nestas, os valores de A_{max} são aproximadamente iguais e a inclinação das curvas é a mesma, pois, em ambas as áreas, $\alpha = 53^\circ$ e $\beta = 64^\circ$. Observe-se, também, que, coerentemente com os resultados, é em CM que o valor de A mais demora para atingir zero: OA = 84 PAR.

CETESB







Costus

VP: a - PCL= OA = 169,07 PAR
b - OM = $0,9 \times 5,20 = 4,68$ A
c - OP = $0,7 \times 5,20 = 3,64$ A

MN = 1.348 PAR $\alpha = 30^\circ$
PQ = 864 PAR $\beta = 39^\circ$

VM: a - PCL= OA = 53,20 PAR
b - OM = $0,9 \times 5,84 = 5,62$ A
c - OP = $0,7 \times 5,84 = 4,09$ A

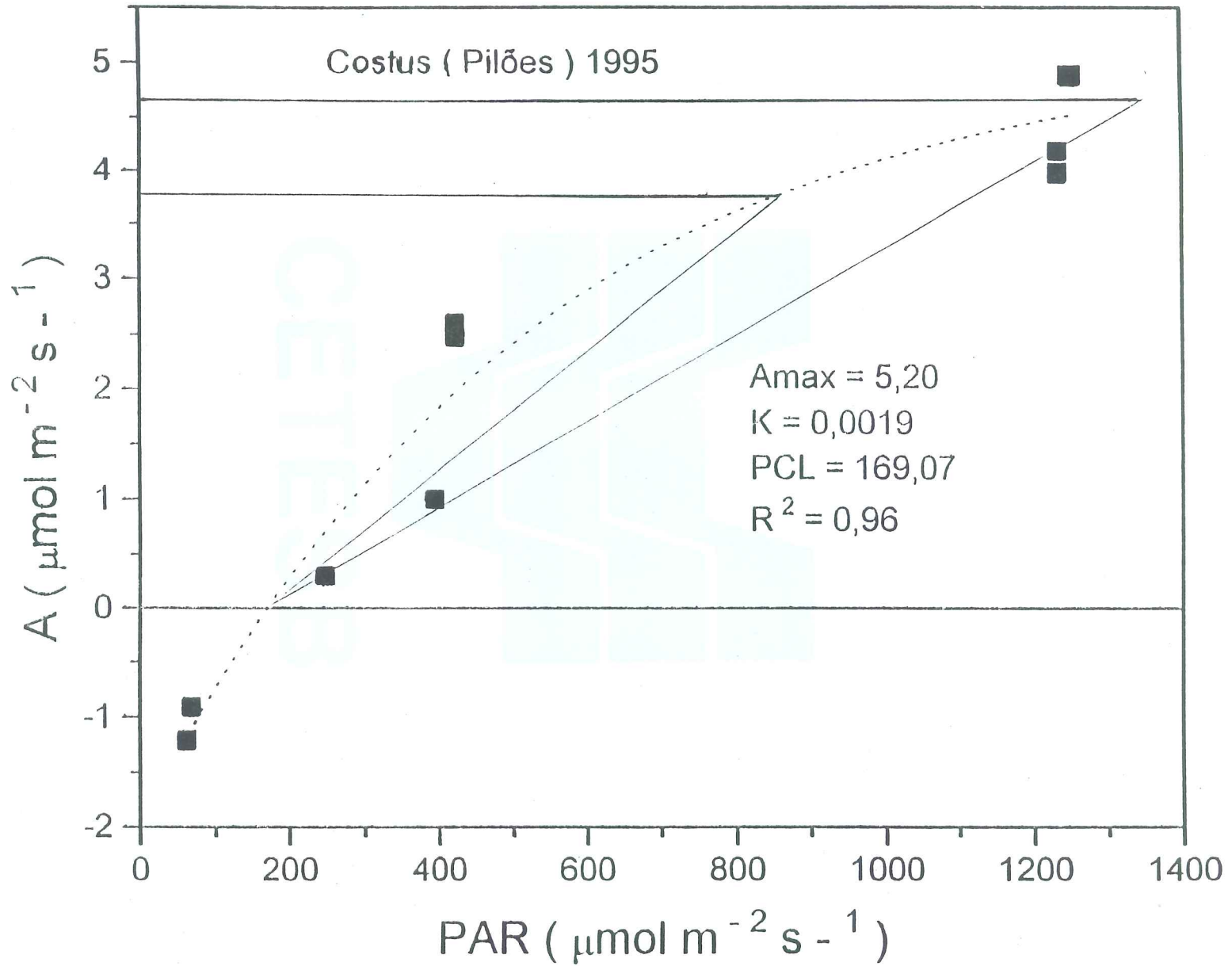
MN = 448 PAR $\alpha = 53^\circ$
PQ = 264 PAR $\beta = 63^\circ$

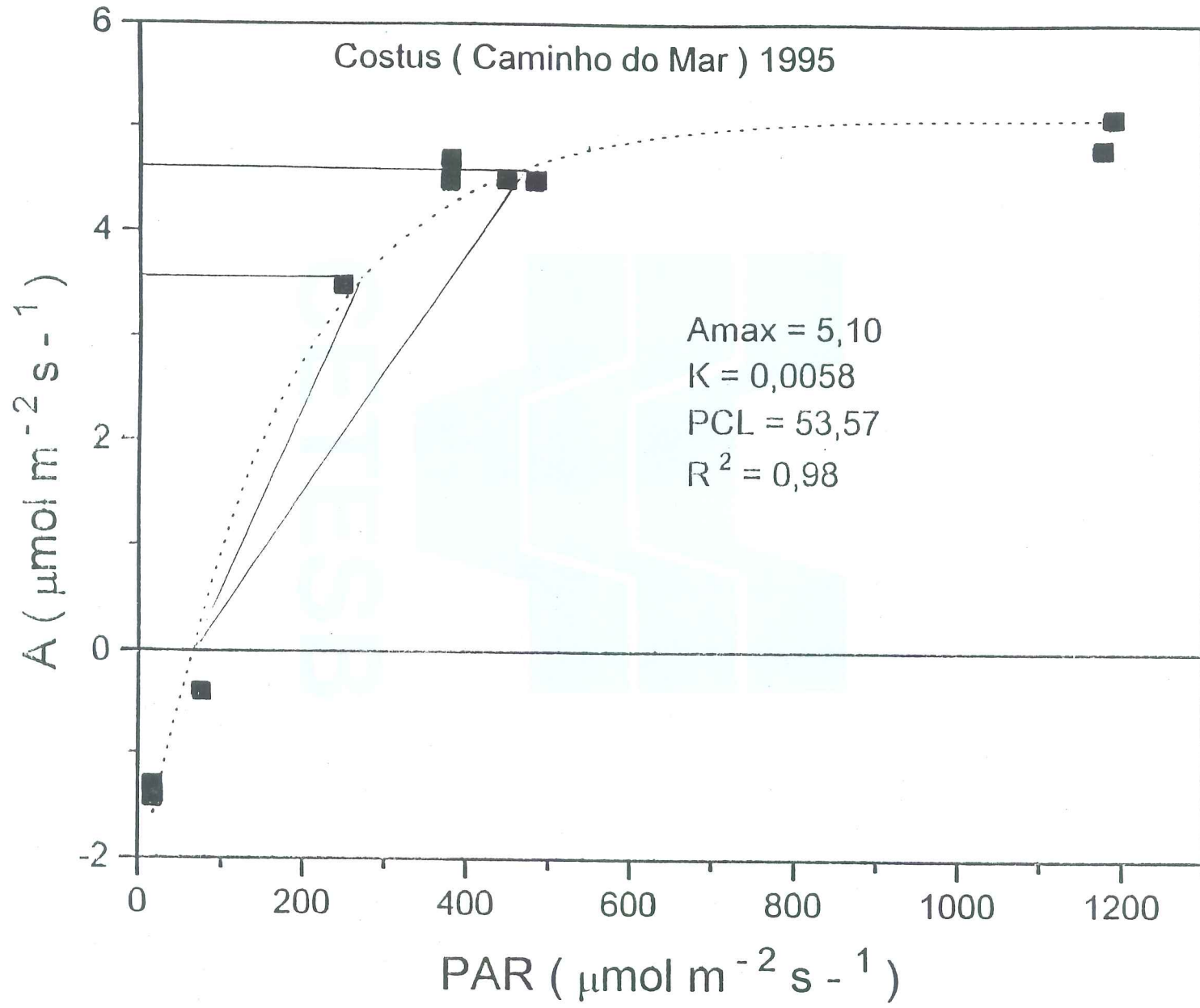
CM: a - PCL= OA = 53,57 PAR
b - OM = $0,9 \times 5,10 = 4,59$ A
c - OP = $0,7 \times 5,10 = 3,57$ A

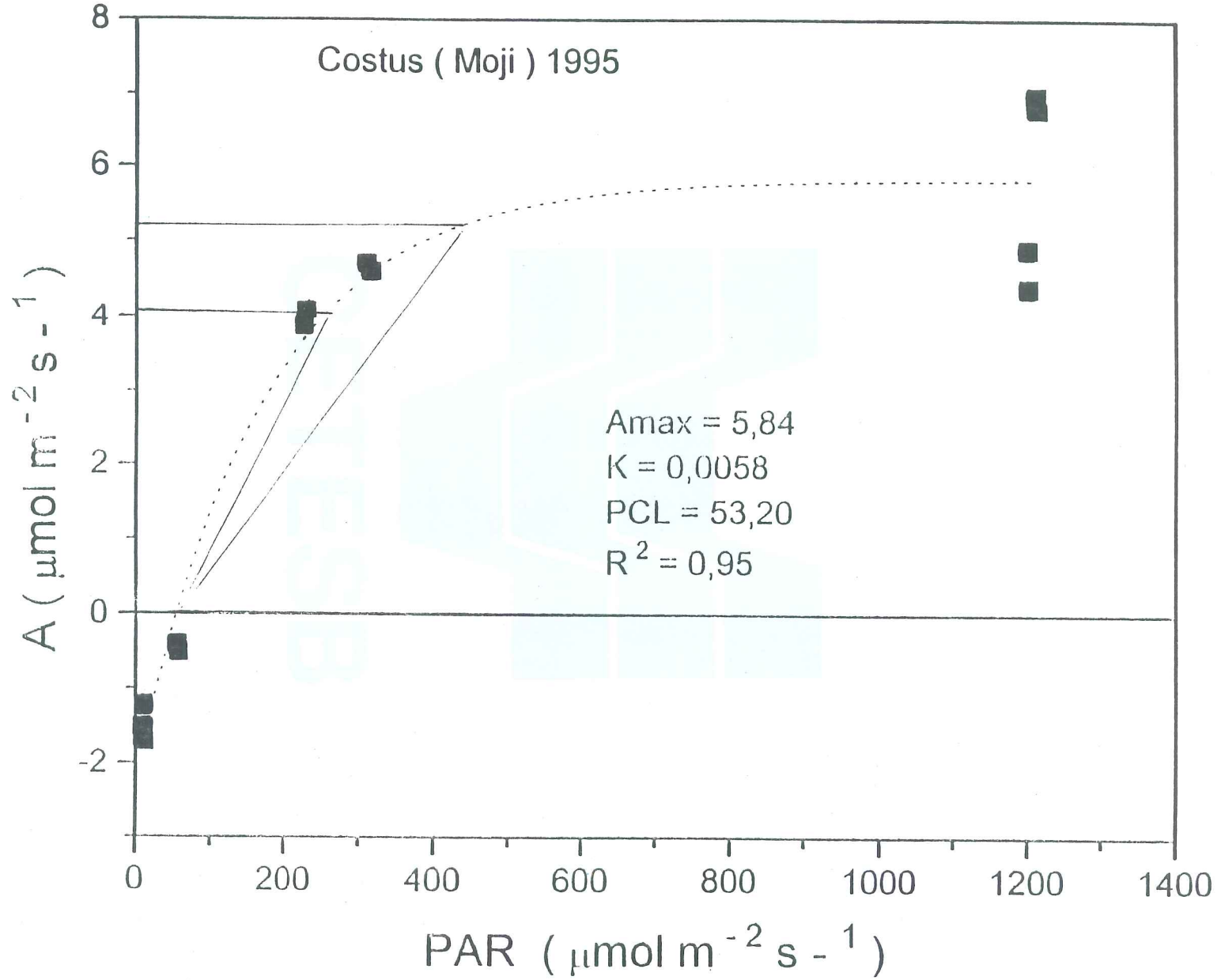
MN = 470 PAR $\alpha = 56^\circ$
PQ = 272 PAR $\beta = 66^\circ$

Muito embora os valores de Amax não difiram significativamente, os índices da espécie para VP são muito diferentes dos obtidos por VM e CM. A inclinação da curva é muito mais baixa para VP, tanto para alcançar $A = 0$ (170 PAR) como para atingir Amax (1.348 PAR para 90% de Amax e 864 PAR para 70% de Amax), valores equivalentes ao triplo dos obtidos para VM e CM. Da mesma forma, α e β mostram esse comportamento das curvas.

CETESB







Hedichium

VP: a - PCL=OA = 27,58 PAR
b - OM = 0,9 x 9,43 = 8,49 A
c - OP = 0,7 x 9,43 = 6,60 A

MN = 685 PAR $\alpha = 51^\circ$
PQ = 365 PAR $\beta = 62^\circ$

VM: a - PCL=OA = 41,83 PAR
b - OM = 0,9 x 6,39 = 5,75 A
c - OP = 0,7 x 6,39 = 4,47 A

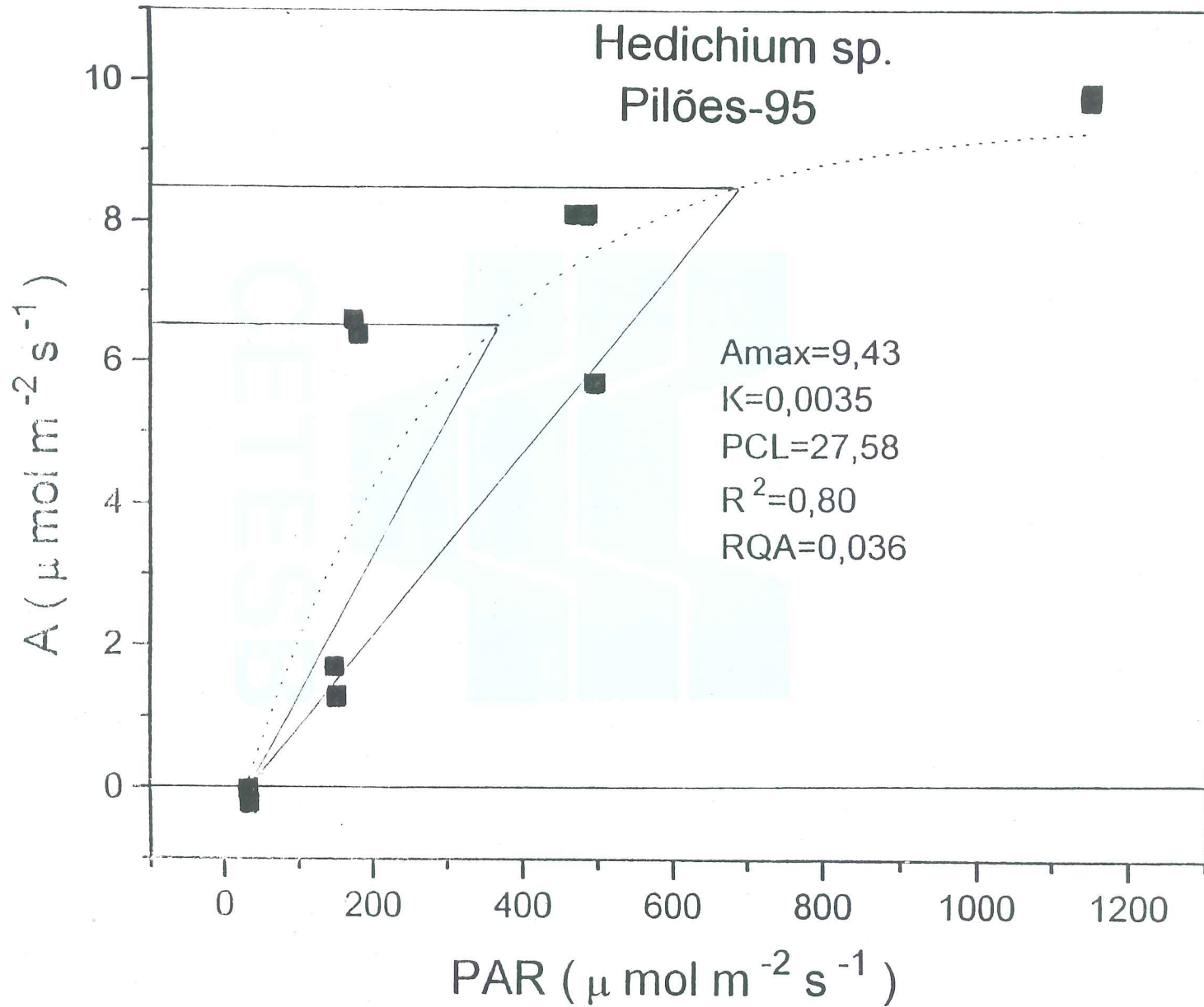
MN = 306 PAR $\alpha = 58^\circ$
PQ = 179 PAR $\beta = 67^\circ$

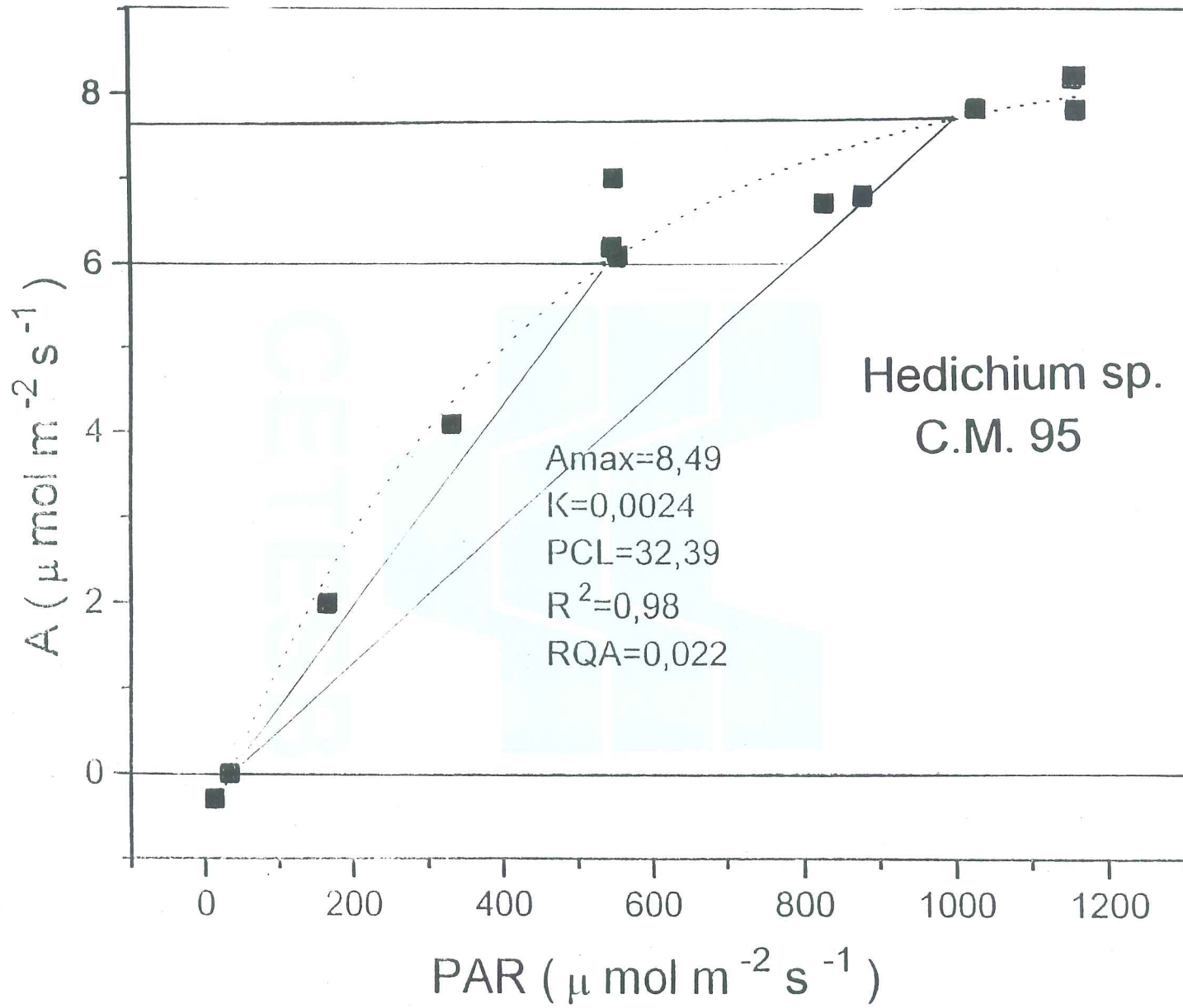
CM: a - PCL=OA = 32,39 PAR
b - OM = 0,9 x 8,49 = 7,64 A
c - OP = 0,7 x 8,49 = 5,94 A

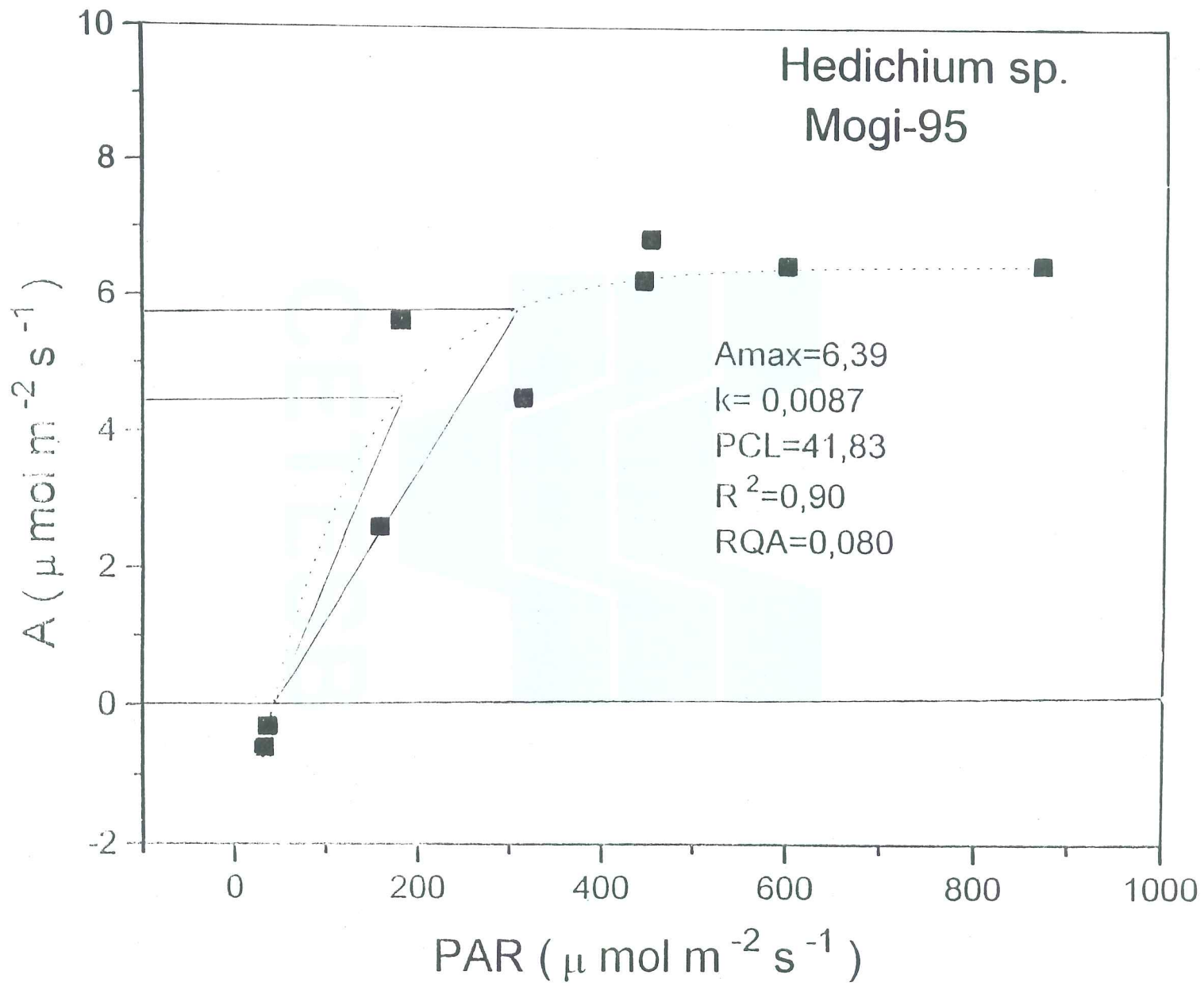
MN = 1000 PAR $\alpha = 42^\circ$
PQ = 783 PAR $\beta = 54^\circ$

Para as 3 áreas, o valor $A = 0$ é atingido para o mesmo valor de PAR. O valor de A_{max} é maior para VP, sendo o menor para VM. O valor de 90% de A_{max} só é alcançado em CM a 930 PAR, enquanto para VM já é atingido para 371 PAR. Observa-se, então, que, embora VM seja a área de menor A_{max} para Hedichium é onde esse valor é mais rapidamente atingido, como mostra os valores de α e β .

CETESB







Euterpe

VP: a - PCL= OA = 25,79 PAR
b - OM = $0,9 \times 3,35 = 3,02$ A
c - OP = $0,7 \times 3,35 = 2,34$ A

MN = 415 PAR $\alpha = 60^\circ$
PQ = 228 PAR $\beta = 71^\circ$

VM: a - PCL= OA = 59,76 PAR
b - OM = $0,9 \times 4,38 = 3,94$ A
c - OP = $0,7 \times 4,38 = 3,07$ A

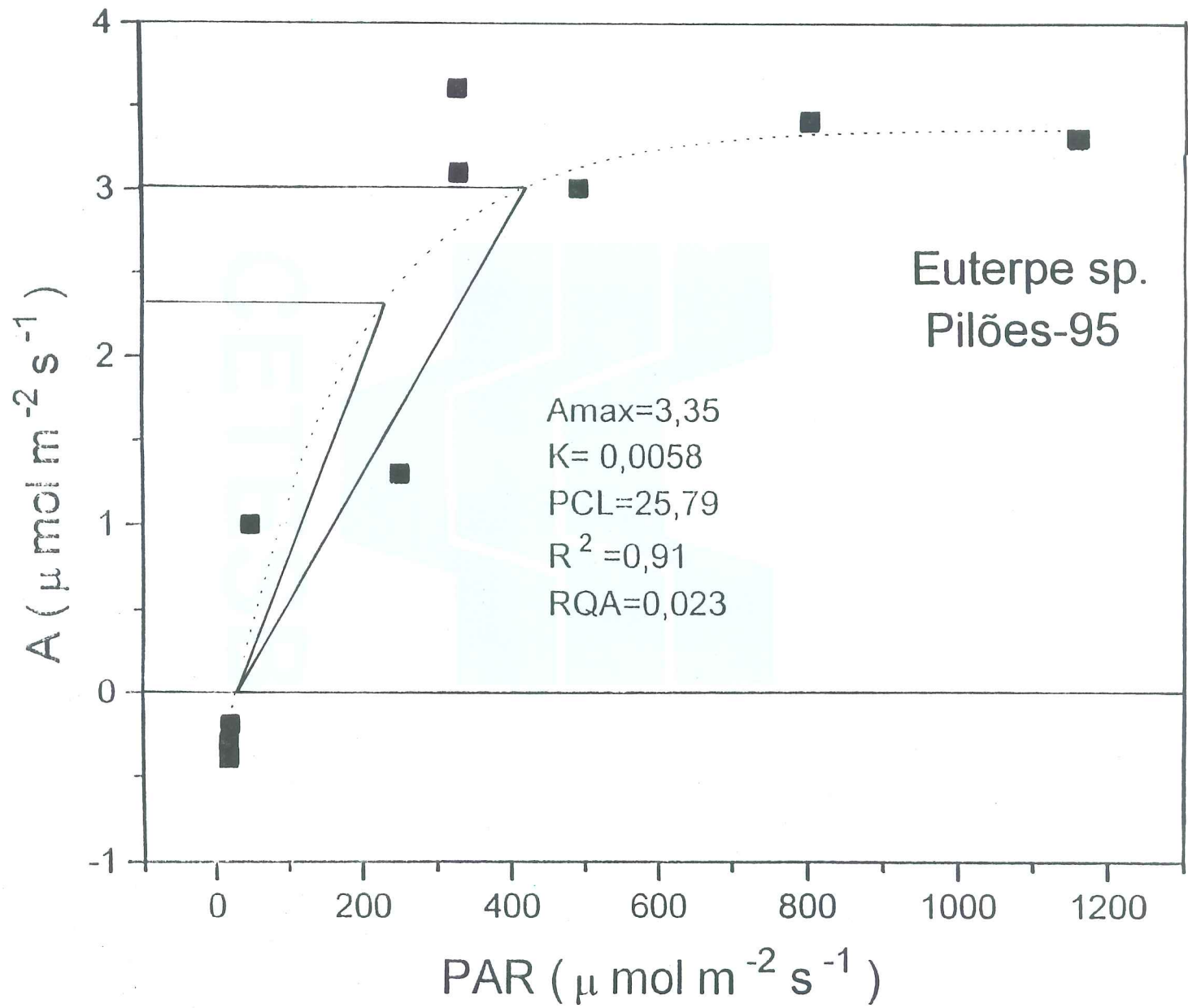
MN = 602 PAR $\alpha = 42^\circ$
PQ = 336 PAR $\beta = 53^\circ$

CM: a - PCL= OA = 72,20 PAR
b - OM = $0,9 \times 4,02 = 3,62$ A
c - OP = $0,7 \times 4,02 = 2,81$ A

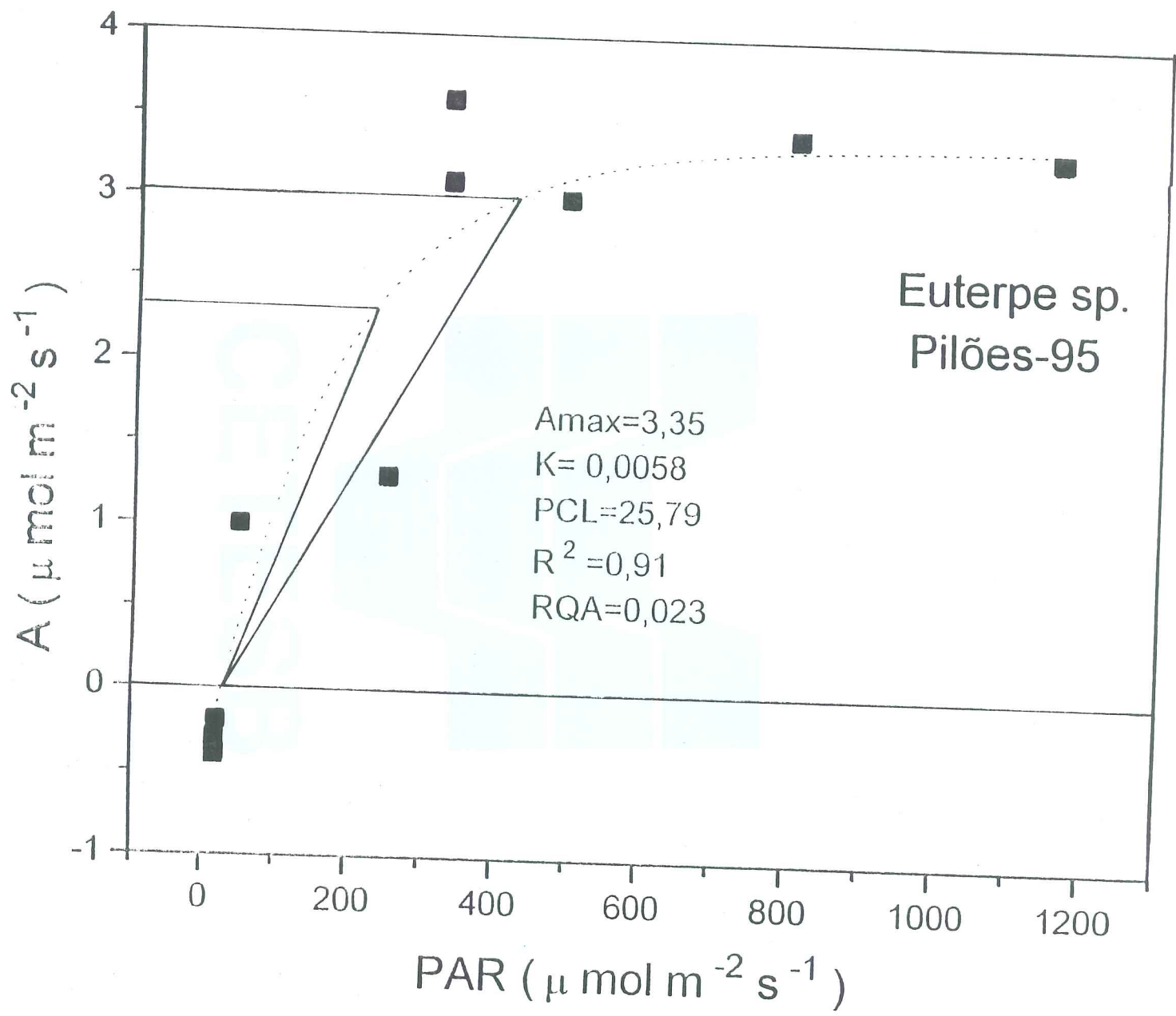
MN = 614 PAR $\alpha = 45^\circ$
PQ = 357 PAR $\beta = 56^\circ$

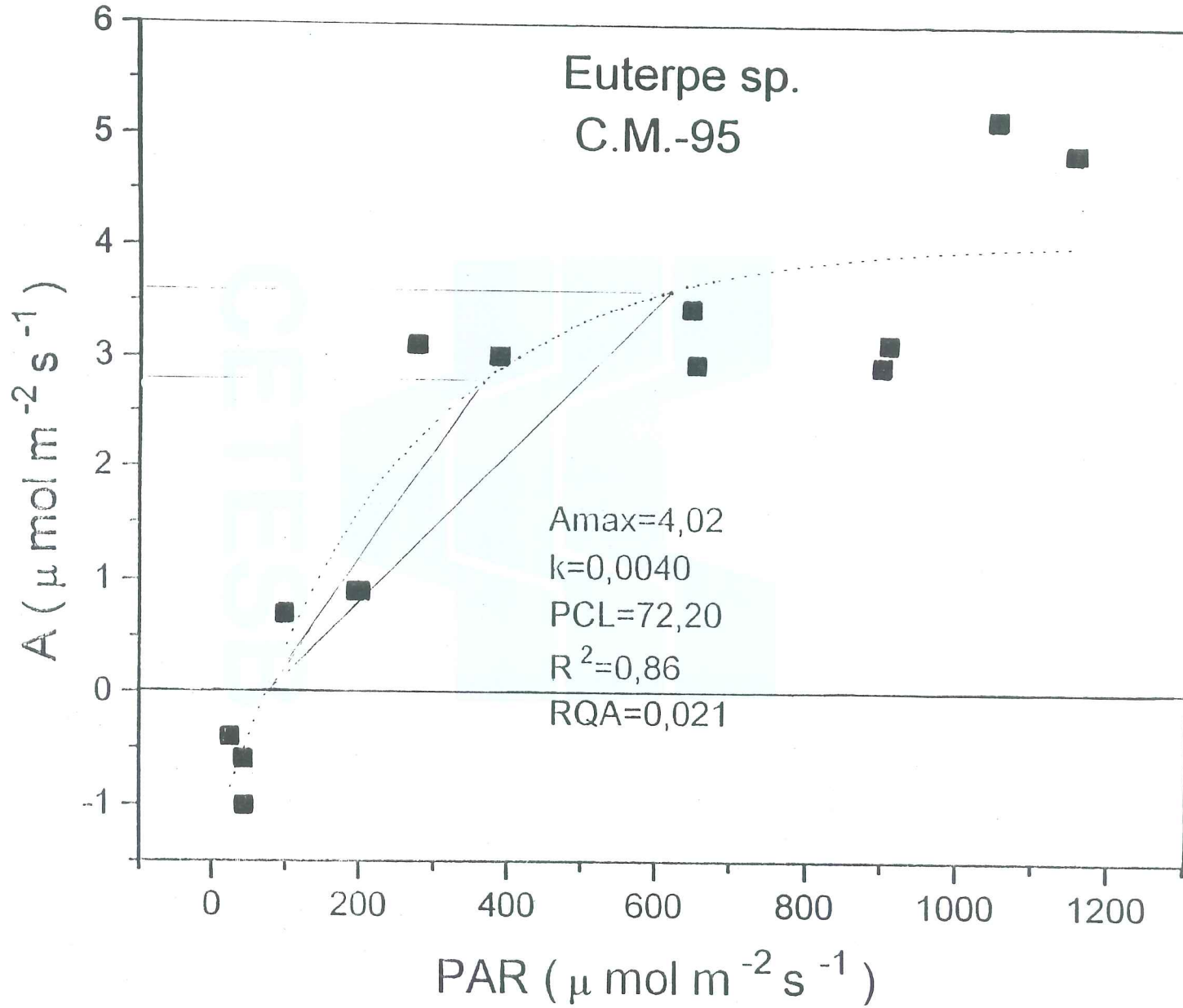
O valor máximo de A é atingido mais rapidamente por VP do que por VM e CM, como se observa claramente pelos valores de 90% A_{max} e 70% A_{max}, bem como por α e β . Para esses últimos parâmetros, VM e CM são equivalentes. Observe-se que VP tem p menor valor de A_{max}, mas é a área em que o A_{max} é atingido para o menor valor de PAR.

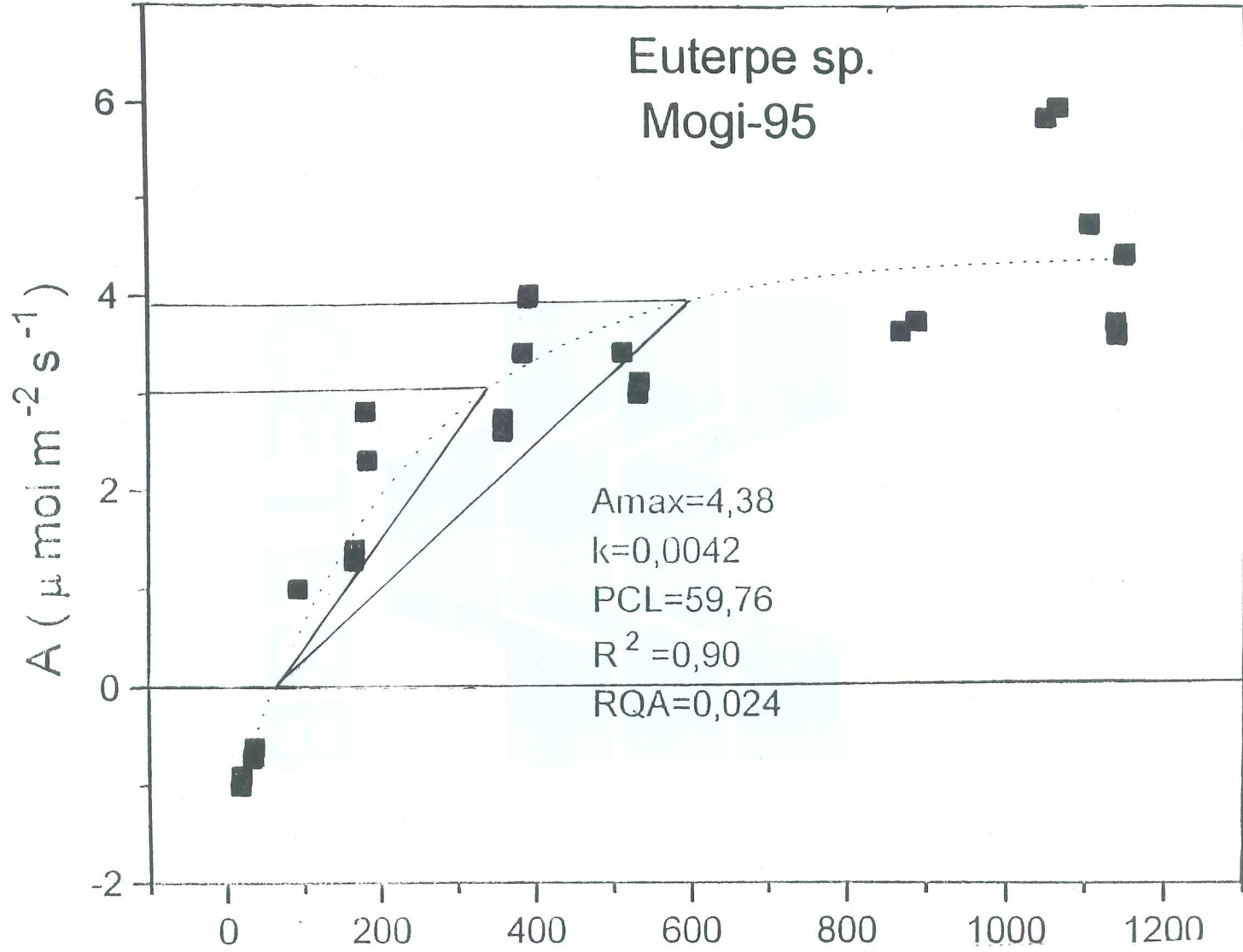
CETESB



CETESB - CA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA







Piper

VP: a - PCL= OA = 32,84 PAR
b - OM = $0,9 \times 7,22 = 6,50$ A
c - OP = $0,7 \times 7,22 = 5,05$ A

MN = 1021 PAR $\alpha = 40^\circ$
PQ = 548 PAR $\beta = 51^\circ$

VM: a - PCL= OA = 66,25 PAR
b - OM = $0,9 \times 5,51 = 4,96$ A
c - OP = $0,7 \times 5,51 = 3,86$ A

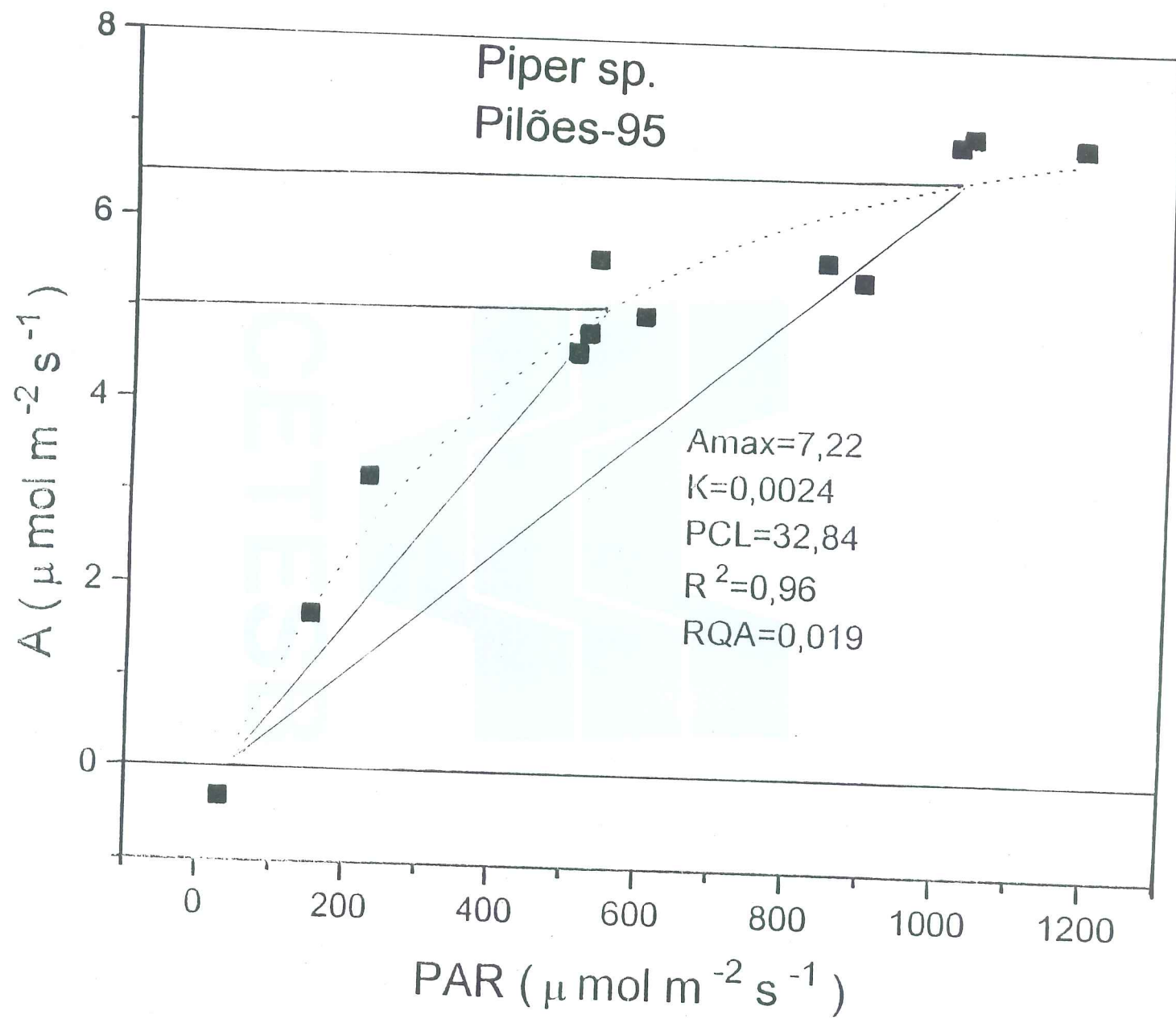
MN = 549 PAR $\alpha = 53^\circ$
PQ = 320 PAR $\beta = 62^\circ$

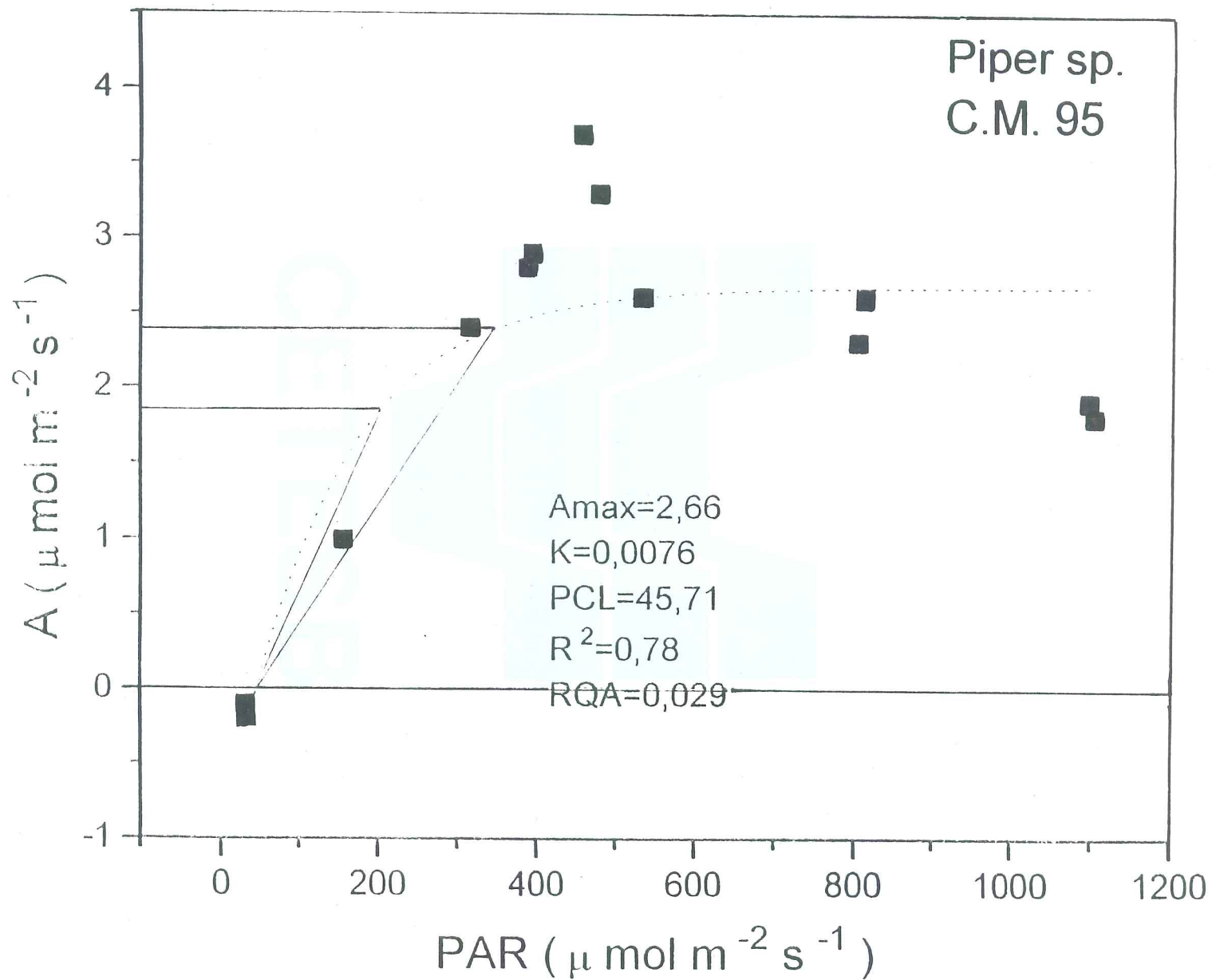
CM: a - PCL= OA = 45,71 PAR
b - OM = $0,9 \times 2,66 = 2,39$ A
c - OP = $0,7 \times 2,66 = 1,86$ A

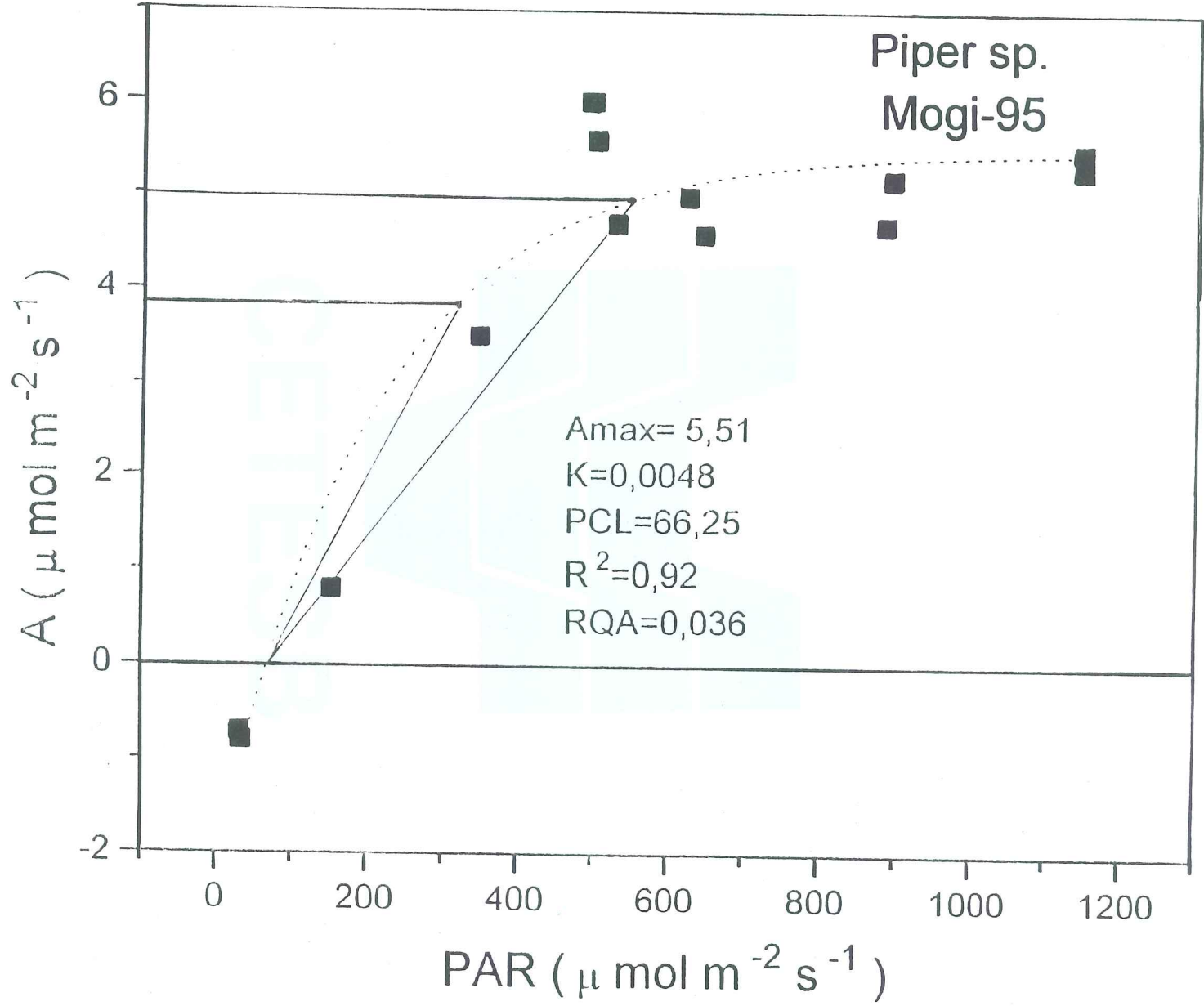
MN = 345 PAR $\alpha = 57^\circ$
PQ = 203 PAR $\beta = 67^\circ$

A espécie alcança seu maior Amax em VP, seguindo-se VM e CM. Não obstante, é a área em que mais demora para atingir o Amax, que ocorre para 90% Amax a 996 PAR. O comportamento em CM é exatamente o oposto, ou seja, tem o menor Amax das 3 áreas, mas é a área em que seu valor é alcançado com menor valor de PAR.

CETESB







Cryptocaria

VP: a - PCL= OA = 231,62 PAR

b - OM = $0,9 \times 1,68 = 1,51$ A

c - OP = $0,7 \times 1,68 = 1,18$ A

MN = 938 PAR $\alpha = 24^\circ$

PQ = 623 PAR $\beta = 33^\circ$

VM:

CM: a - PCL= OA = 12,48 PAR

b - OM = $0,9 \times 4,97 = 4,47$ A

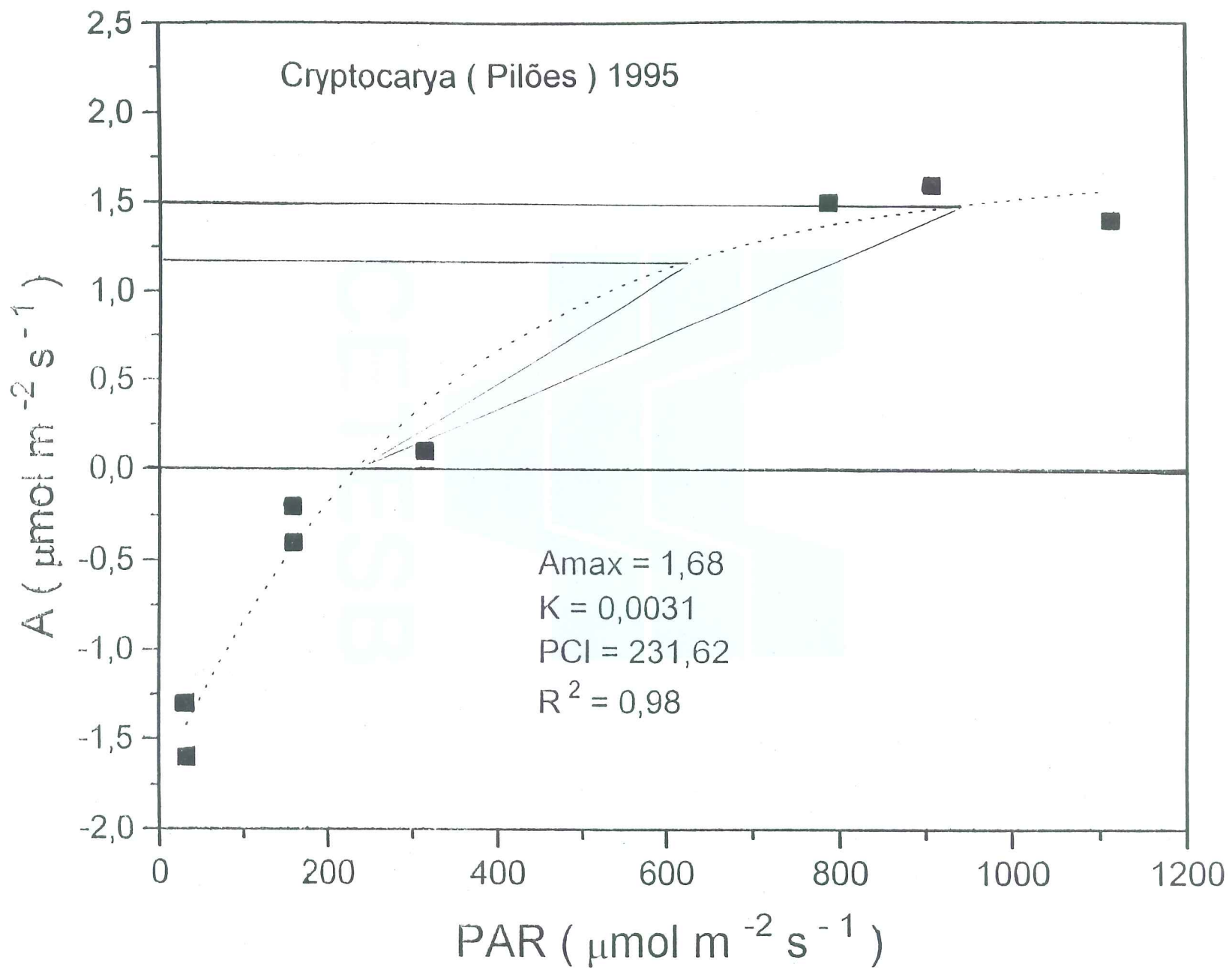
c - OP = $0,7 \times 4,97 = 3,48$ A

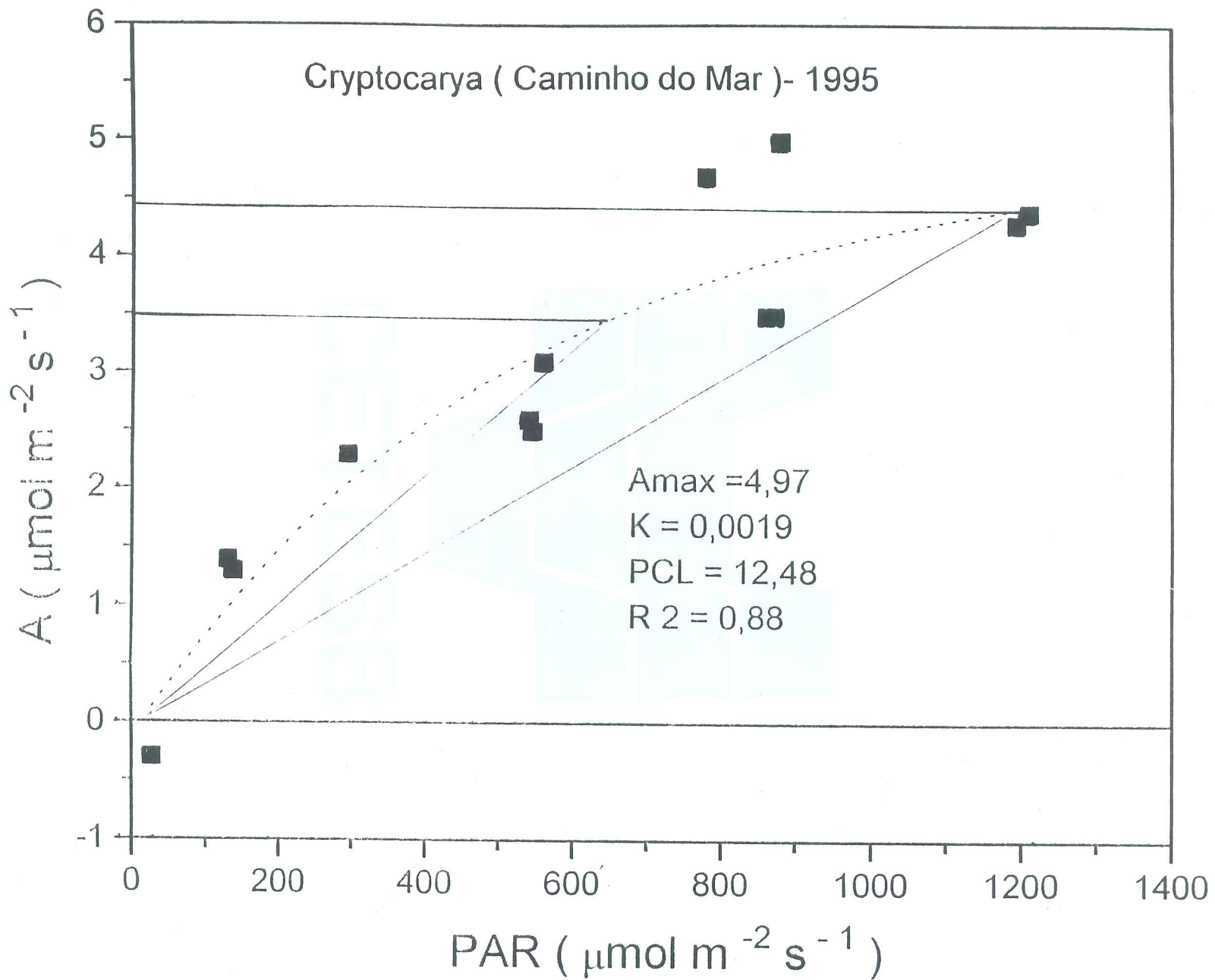
MN = 1.161 PAR $\alpha = 31^\circ$

PQ = 653 PAR $\beta = 41^\circ$

A comparação da espécie para as 2 áreas mostra que em ambas os valores 90% e 70% de Amax são alcançados para valores altos e equivalentes. O valor de Amax para VP, entretanto, é muito baixo, o menor entre todos os determinados para espécies, em qualquer área.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA





Cecropia

VP: a - OA = 52,20 PAR

b - OM = $0,9 \times 4,9 = 4,41$ A

c - OP = $0,7 \times 4,9 = 3,43$ A

MN = 400 PAR $\alpha = 55^\circ$

PQ = 238 PAR $\beta = 65^\circ$

VM:

CM: a - PCL= OA = 59,60 PAR

b - OM = $0,9 \times 10,92 = 9,83$ A

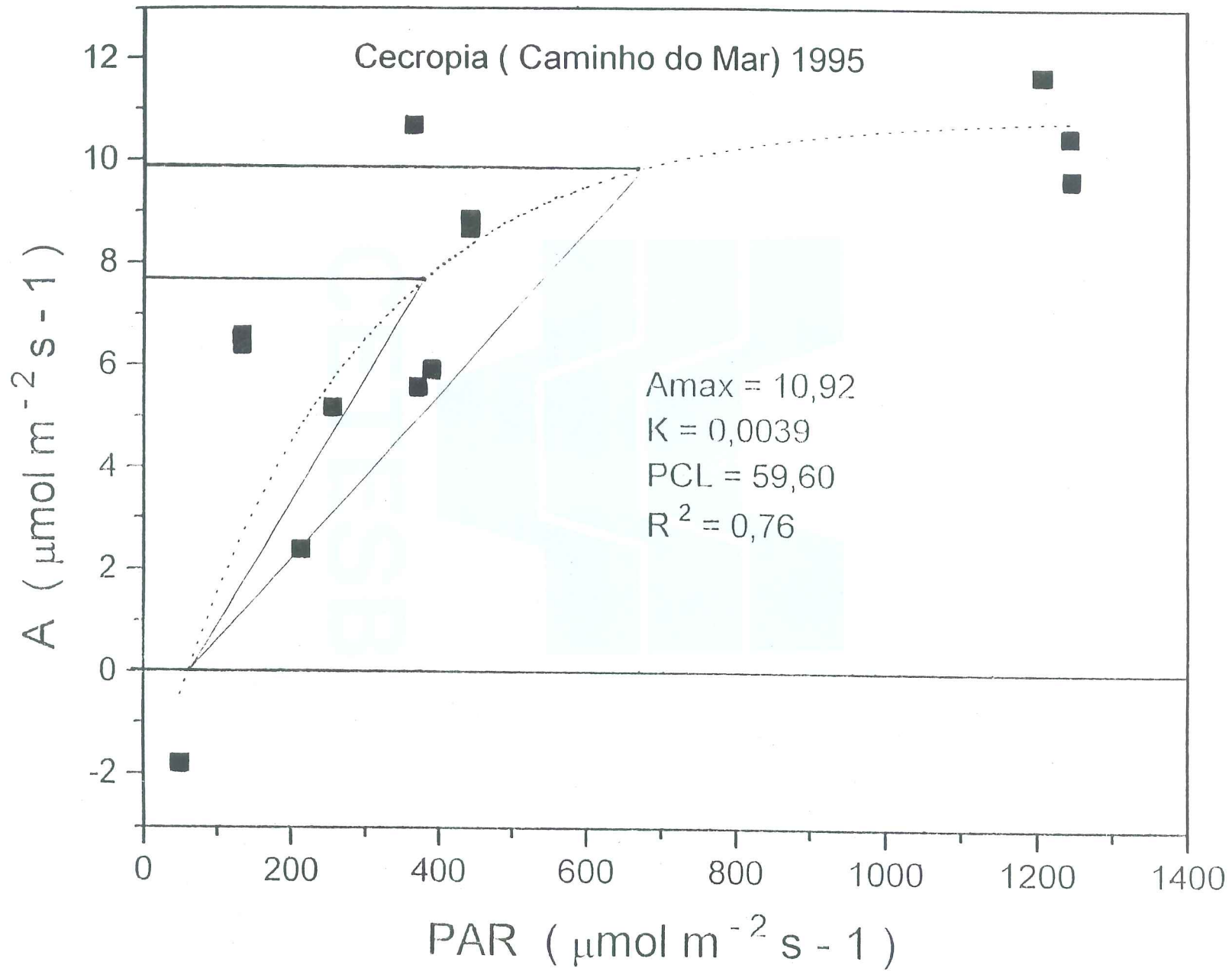
c - OP = $0,7 \times 10,92 = 7,64$ A

MN = 677 PAR $\alpha = 48^\circ$

PQ = 381 PAR $\beta = 60^\circ$

Embora Amax para CM seja mais de 2 vezes maior que para VP, ambos tem A = 0 para praticamente o mesmo valor de PAR. O crescimento da curva é mais acentuado para VP, como mostram α e β e MN e PQ.

CETESB



Virola

VP: a - PCL= OA = 85,60 PAR
b - OM = $0,9 \times 5,10 = 4,59$ A
c - OP = $0,7 \times 5,10 = 3,57$ A

MN = 554 PAR $\alpha = 53^\circ$
PQ = 342 PAR $\beta = 62^\circ$

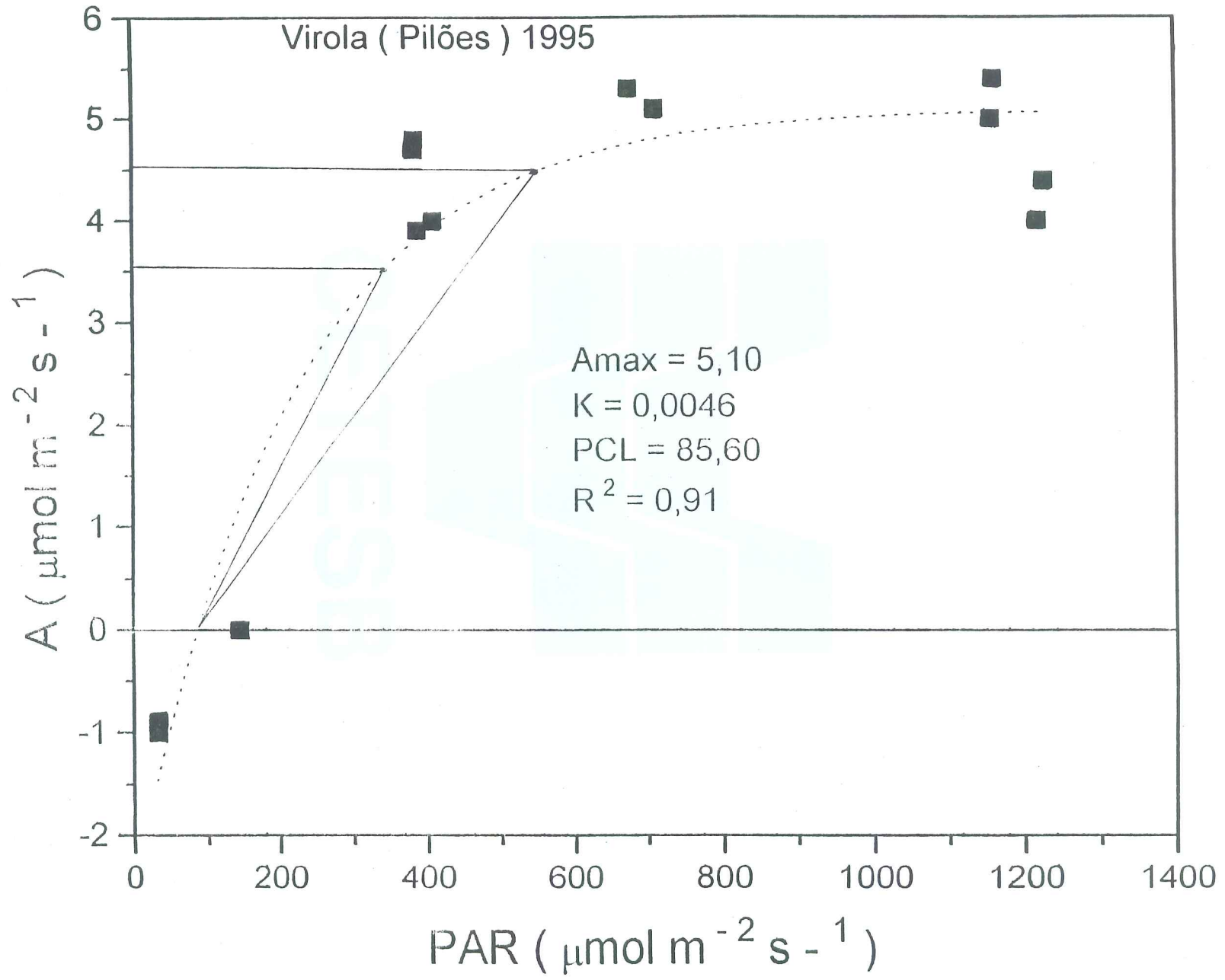
VM:

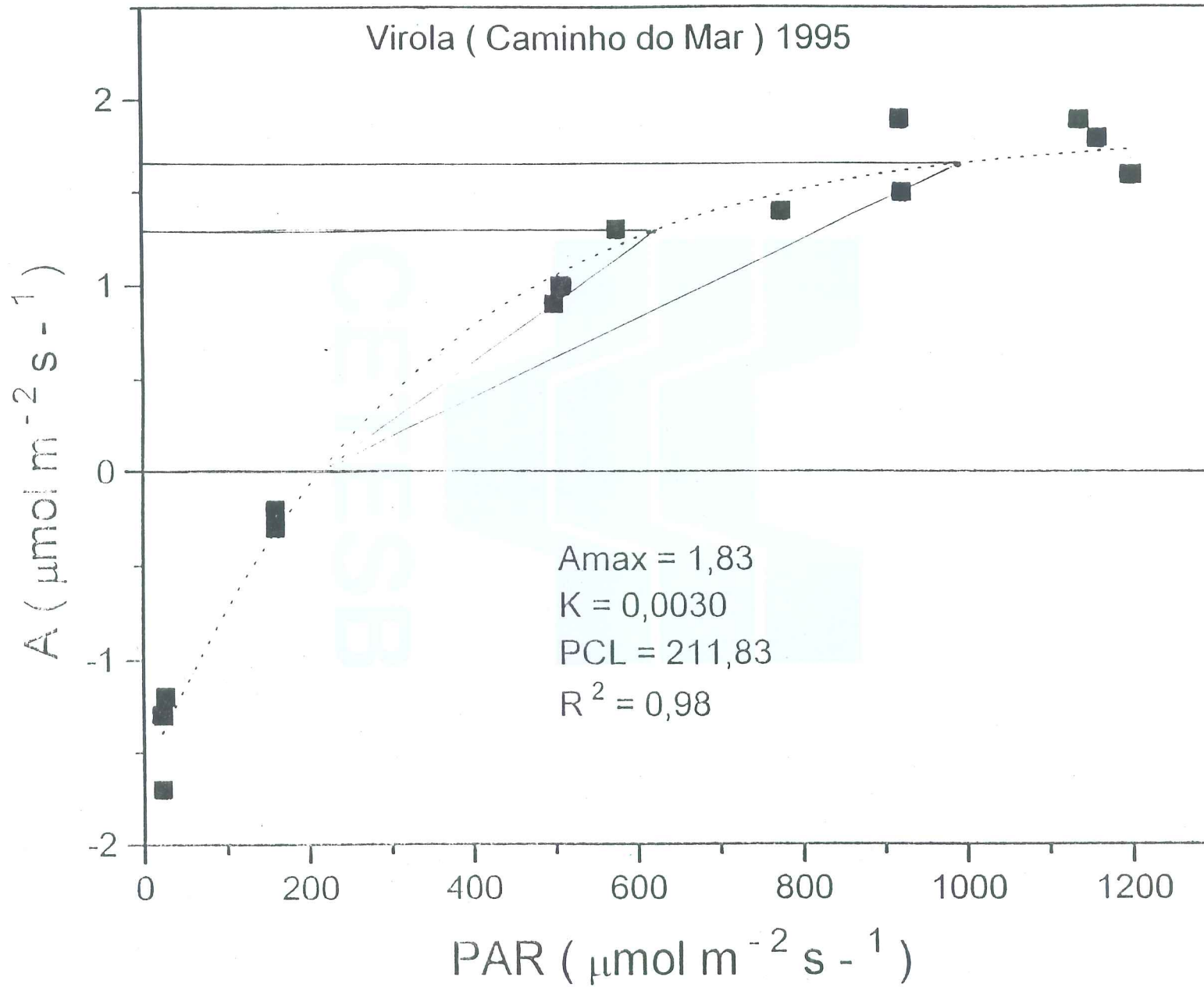
CM: a - PCL= OA = 211,83 PAR
b - OM = $0,9 \times 1,83 = 1,65$ A
c - OP = $0,7 \times 1,83 = 1,28$ A

MN = 957 PAR $\alpha = 26^\circ$
PQ = 627 PAR $\beta = 36^\circ$

O comportamento da espécie varia consideravelmente de VP para CM. Amax é quase o triplo para VP, o ponto de A = 0 é 2,5 vezes maior para VP e a inclinação da curva, mostrada por α e β , é muito mais acentuada para VP, levando A a atingir 90% com praticamente metade de PAR em relação a CM.

CETESB





Quadro 2: Características das curvas de cada espécie em VP.

Espécie	PCL umol/m ² s	Amax umol/m ² s	OM(A)	OP(A)	MN(PAR)	PQ(PAR)	α	β
<i>Cecropia</i>	58,00	4,90	4,41	3,43	400	238	55	65
<i>Costus</i>	169,07	5,20	4,68	3,64	1348	864	30	39
<i>Cryptocarya</i>	231,62	1,68	1,51	1,18	938	623	24	33
<i>Chrysophyllum sp</i>	50,55	5,32	4,79	3,72	323	260	53	64
<i>Euterpe</i>	25,79	3,35	3,02	2,34	415	228	60	71
<i>Ficus</i>	42,76	9,30	8,37	6,51	488	295	53	64
<i>Hedichium</i>	27,58	9,43	8,49	6,60	685	365	51	62
<i>Piper</i>	32,84	7,22	6,50	5,05	1021	548	40	51
<i>Psidium</i>	47,16	5,08	4,57	3,56	365	200	62	70
<i>Pterocarpus</i>	51,97	3,91	3,51	2,74	469	300	51	61
<i>Tibouchina</i>	58,10	8,27	7,44	5,79	540	453	52	55
<i>Virola</i>	85,60	5,10	4,59	3,57	554	342	53	62
Média	73,42	5,73	5,16	4,01	629	393	49	58

PCL=Ponto de compensação à luz

Amax= Capacidade fotossintética máxima

OM= 90% de Amax

OP= 70% de Amax

MN= radiação referente à 90% de Amax

PQ= radiação referente à 70% de Amax

α β

ângulos das secantes dos pontos OM eOP, que indicam o crescimento de A em função de PAR.

Quadro 3: Características das curvas de cada espécie em VM

Espécie	PCL umol/m ² s	Amax umol/m ² s	OM(A)	OP(A)	MN(PAR)	PQ(PAR)	α	β
<i>Cecropia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Costus</i>	53,20	5,84	5,62	4,09	448	264	53	63
<i>Cryptocarya</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chrysophyllum sp</i>	40,96	5,32	5,15	4,00	523	287	53	64
<i>Euterpe</i>	59,76	4,38	3,94	3,07	602	336	42	53
<i>Ficus</i>	29,15	9,42	8,48	6,59	386	177	61	69
<i>Hedichium</i>	41,83	6,39	5,75	4,47	306	179	58	67
<i>Piper</i>	66,25	5,51	4,96	3,86	549	320	53	62
<i>Psidium</i>	80,10	3,70	3,33	2,59	420	259	55	65
<i>Pterocarpus</i>	56,43	4,09	3,68	2,86	409	248	56	60
<i>Tibouchina</i>	61,68	5,83	5,25	4,08	487	280	42	54
<i>Virola</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	54,37	5,61	5,13	3,96	459	261	52	61

PCL=Ponto de compensação à luz

Amax= Capacidade fotossintética máxima

OM= 90% de Amax

OP= 70% de Amax

MN= radiação referente à 90% de Amax

PQ= radiação referente à 70% de Amax

α β

ângulos das secantes dos pontos OM eOP, que indicam o crescimento de A em função de PAR.

Quadro 4: Características das curvas de cada espécie em CM.

Espécie	PCL umol/m ² s	Amax umol/m ² s	OM(A)	OP(A)	MN(PAR)	PQ(PAR)	α	β
<i>Cecropia</i>	59,60	10,92	9,83	7,64	677	381	48	60
<i>Costus</i>	53,57	5,10	4,59	3,57	470	272	56	66
<i>Cryptocarya</i>	12,48	4,97	4,47	3,48	1161	653	31	41
<i>Chrysophyllum sp</i>	74,59	7,38	6,64	5,17	827	476	39	50
<i>Euterpe</i>	72,20	4,02	3,62	2,81	614	357	45	56
<i>Ficus</i>	42,50	9,15	8,24	6,40	401	177	60	70
<i>Hedichium</i>	32,39	8,49	7,64	5,94	1000	783	42	54
<i>Piper</i>	45,71	2,66	2,39	1,86	345	203	57	67
<i>Psidium</i>	67,04	3,75	3,38	2,62	584	310	47	60
<i>Pterocarpus</i>	45,30	5,19	4,67	3,63	407	245	53	62
<i>Tibouchina</i>	65,69	5,96	5,36	4,17	1173	638	22	31
<i>Virola</i>	211,83	1,83	1,65	1,28	957	627	26	36
Média	65,24	5,45	5,21	4,05	718	427	44	54

PCL=Ponto de compensação à luz

Amax= Capacidade fotossintética máxima

OM= 90% de Amax

OP= 70% de Amax

MN= radiação referente à 90% de Amax

PQ= radiação referente à 70% de Amax

α β

ângulos das secantes dos pontos OM e OP, que indicam o crescimento de A em função de PAR.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Data Aquis.: 01/02/00
Indic.: Memo 002/2000
Livraria: EUSE de
20/01/00
Preço: R\$
Data Tomba: 01/02/00