

ESTUDO FOTOQUÍMICO DO FOTOSISTEMA II EM UM POVOAMENTO CLONAL DE EUCALIPTO NO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Sandro Dan Tatagiba⁽¹⁾; José Eduardo Macedo Pezzopane⁽²⁾; Edvaldo Fialho dos Reis⁽³⁾;

¹Doutorando em Produção Vegetal, UENF, Campos dos Goytacazes-RJ, sandrodantatagiba@yahoo.com.br

²Prof. Adjunto Deptº de Engenharia Rural, CCA-UFES, Alegre-ES, jemp@cca.ufes.br

³Prof. Adjunto Deptº de Engenharia Rural, CCA-UFES, Alegre-ES, edreis@cca.ufes.br

Resumo- O objetivo deste estudo foi avaliar as características do aparato fotoquímico do fotossistema II na emissão de fluorescência da clorofila *a* em um povoamento clonal de eucalipto, em duas épocas (seca e chuvosa) estabelecidos no campo. O experimento foi conduzido na área de fomento da Aracruz Celulose S.A, na região de Itauninhas, distrito da cidade de São Mateus, localizado no norte do Estado do Espírito Santo. Durante o experimento foram avaliadas as seguintes variáveis de fluorescência da clorofila *a*: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m). A deficiência hídrica no solo durante a época seca não foi suficiente para provocar dano ao aparato fotoquímico do PS II, mostrando a capacidade de tolerância do clone estudado sobre as condições ambientais adversas. O povoamento do clone estudado apresentou maiores valores de F_0 , F_m , F_v , durante a época seca, enquanto que a razão F_v/F_m foi semelhante nas duas épocas.

Palavras-chave: fluorescência, eucalipto, épocas, disponibilidade hídrica.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

Embora as medidas de trocas gasosas (CO_2 e O_2) sejam importantes para determinar as taxas fotossintéticas, podem não ser eficientes para avaliar os efeitos deletérios nos cloroplastos, ocasionados pelas diversas formas de estresse abiótico (DURÃES, 2003). Uma alternativa às medidas de trocas gasosas é a avaliação da eficiência fotoquímica da fotossíntese, obtida por meio das diversas variáveis da fluorescência da clorofila *a*. O rendimento da fluorescência da clorofila revela o nível de excitação da energia no sistema de pigmentos que dirige a fotossíntese e fornece subsídios para estimar a inibição ou o dano no processo de transferência de elétrons do fotossistema II (PSII) (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989). Além disso, é uma técnica rápida, não-destrutiva e sensível, constituindo importante avanço em estudos fisiológicos e em ecologia de plantas (KRAUSE & WEISS, 1991).

Condições extremas de estresse ambiental podem afetar os eventos no tilacóide, interferindo na eficiência da fotossíntese e inativando o fotossistema II (P680) e a cadeia de transporte de elétrons que daria origem ao ATP e $NADPH_2$ (KRAUSE & WEISS, 1991; COSTA et al., 2003).

As principais variáveis observadas nas medições da fluorescência da clorofila *a* são: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m). O F_0 representa a fluorescência com todos os centros de reação

"abertos" e refere-se à emissão de fluorescência pelas moléculas de clorofila *a* do complexo coletor de luz do PSII (KRAUSE & WEISS, 1991). O F_m indica a completa redução da quinona A (Q_A) a partir da incidência de um pulso de luz no centro de reação Q_A , gerando fluorescência máxima. A diferença entre F_m e F_0 resulta na fluorescência variável (F_v). A F_v representa o fluxo de elétrons do centro de reação do PSII (P680) até a plastoquinona (PQH_2). O rendimento quântico máximo é calculado como: $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$. Quando uma planta está com seu aparelho fotossintético intacto, a razão F_v/F_m deve variar entre 0,75 e 0,85 (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989), enquanto que queda nesta razão reflete a presença de dano fotoinibitório nos centros de reação do PSII (BJÖRKMAN & DEMMING, 1987).

O monitoramento da fluorescência da clorofila *a* em um povoamento clonal de eucalipto pode ser útil na identificação da capacidade de tolerância dessa espécie à deficiência hídrica. Desse modo, objetivou-se verificar as características do aparato fotoquímico do fotossistema II na emissão de fluorescência da clorofila *a*, em um povoamento clonal de eucalipto, em duas épocas do ano (seca e chuvosa), estabelecidos no campo.

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na área de fomento da Aracruz Celulose S.A, na região de

Itauninhas distrito da cidade de São Mateus, localizado no Estado do Espírito Santo. Foi utilizado o clone comercial de elite produzido pela Aracruz Celulose S.A, identificados como 39. O plantio do clone foi feito em maio de 2001. As plantas, nas épocas das avaliações apresentam idade de 2,5 para 3 anos, com altura e diâmetro na altura do peito (DAP) de aproximadamente 13,34m e 10,25cm, respectivamente. Os tratos culturais para condução do plantio da floresta (adubação, poda) são realizados anualmente.

A região apresenta clima ameno ao longo do ano inteiro. A temperatura média anual fica em torno dos 24°C, variando entre 25 e 30° C, no verão, e 19 a 21° C, no inverno. Como a precipitação pluviométrica local está na média de 1.432,8 mm e o índice de evapotranspiração na média de 1.395,0 mm por ano, o clima pode ser enquadrado como seco sub-úmido, se levarmos em consideração os dados dos últimos 25 anos (RELATÓRIO TÉCNICO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MATEUS, 2006). O solo da região é classificado como latossolo (EMBRAPA, 1999),

Para obtenção das variáveis microclimáticas, para a confecção do balanço hídrico, foi instalada uma estação meteorológica automática (datalogger) no interior da floresta plantada, numa torre de acesso, com aproximadamente 37 m de altura. Na estação, estavam acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo HMP35C (Campbell Scientific), e um piranômetro, modelo SP-Lite (Kipp & Zonen), media a radiação solar global. A precipitação pluviométrica era medida através de sensores modelo, TE 5255MM (Texas Eletronics).

Foi calculado o balanço hídrico da região de Itauninhas, segundo Pereira et al. (2002), proposto por Thornthwaite & Mather (1955), a fim de determinar a variação do armazenamento de água no solo ao longo do ano, caracterizando as duas épocas chuvosa e seca. Assim, possibilitando, a identificação dos períodos de deficiência e excedente hídrico durante as campanhas fisiológicas das trocas gasosas. A evapotranspiração potencial para o cálculo do balanço hídrico foi estimada pelo método simplificado de Camargo (1962).

Durante a época seca foi realizada a primeira campanha fisiológica de campo nos dias 5 e 6 de agosto de 2003, enquanto, na época chuvosa, foi realizada a segunda campanha, nos dias 1 e 2 de março de 2004, para o clone estudado.

Durante as campanhas, foram medidas na superfície de três folhas localizadas na parte externa do terço superior da copa de quatro árvores, a fluorescência inicial (F_o), a fluorescência máxima (F_m), a fluorescência variável (F_v) e a eficiência fotoquímica do PS II (F_v/F_m), com auxílio de um fluorímetro portátil

(PEA-Plant Efficiency Analyser, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). As avaliações da cinética de emissão da fluorescência rápida da clorofila *a*, foram realizadas entre os horários de 12:30 e 13:30 horas. Antes das medições, as folhas foram adaptadas ao escuro por um período de 30 minutos.

O experimento foi montado num delineamento inteiramente casualizado. Em todas as campanhas foram utilizadas doze repetições para os dados das características do aparato fotoquímico do fotossistema II na emissão de fluorescência rápida da clorofila *a*, os quais, foram submetidos à análise de variância, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando software SAEG.

Resultados

Durante o período de maio de 2003 a abril de 2004 foi monitorado o armazenamento de água no solo, através do balanço hídrico climatológico realizado para a região de Itauninhas e também foi caracterizada a precipitação pluviométrica no mesmo período (Figura 1 e 2).

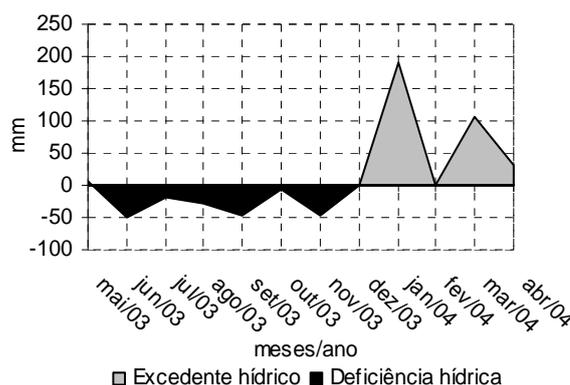


Figura 1- Balanço hídrico climatológico da região de Itauninhas no Estado do Espírito Santo, no período de maio de 2003 a abril de 2004.

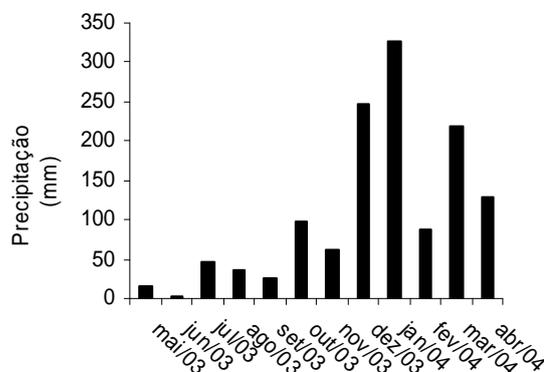


Figura 2- Precipitação pluviométrica da região de Itauninhas no Estado do Espírito Santo, no período de maio de 2003 a abril de 2004.

Observe que ocorreu deficiência hídrica no solo do mês de maio a novembro de 2003, caracterizando a época seca, em virtude da baixa precipitação pluviométrica, enquanto nos meses de dezembro de 2003 a abril de 2004 foi verificado um excedente hídrico, devido ao maior índice de chuvas caracterizando a época chuvosa. Percebe-se, então, que encontramos variação na disponibilidade hídrica do solo ao longo do ano, podendo caracterizar duas épocas bastante distintas, uma época seca e outra chuvosa.

Detecta-se, assim, a condição climática e a disponibilidade hídrica média do solo para a região de Itauninhas, buscando caracterizar os períodos de deficiência hídrica e de excedente hídrico, seus efeitos sobre as plantas e sua implicação sobre a produtividade primária (PEREIRA et al., 2002).

Na Tabela 1, são apresentadas as médias das variáveis climáticas registradas durante as avaliações da emissão de fluorescência durante os dias das campanhas fisiológicas de campo na época seca e chuvosa. Observa-se, que durante a época seca, foram encontrados os menores valores para a temperatura, umidade relativa e radiação solar, quando comparado com a época chuvosa.

Tabela 1- Temperatura (Tm) e umidade relativa (URm) média, e radiação solar média (Rg) durante as avaliações das variáveis de fluorescência compreendida nos horário de 12:30 e 13:30 horas, na época seca e chuvosa.

Variáveis climáticas	Tm (°C)	URm (%)	Rg (W/m ²)
Época seca	24,2	62,2	584
Época chuvosa	29,1	68,2	819

A Figura 3 apresenta a avaliação do estudo do clone de eucalipto para a fluorescência inicial entre as épocas estudadas, segundo teste de média de Tukey, a 5% de probabilidade. Observa-se que durante a época seca foi encontrado o maior valor para F_o, em relação à época chuvosa. Esperava-se que durante a época chuvosa o valor fosse superior ao encontrado na época seca, em virtude da maior disponibilidade de água

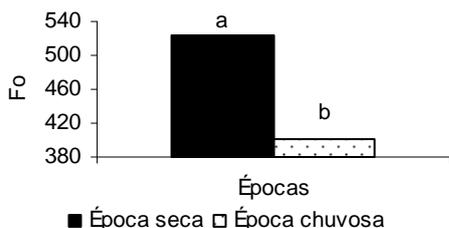


Figura 3- Fluorescência inicial (F_o) em um povoamento clonal de eucalipto na região de Itauninhas, na estação seca e chuvosa.

encontrada no solo.

Resultado semelhante ao da F_o foram encontrados para F_m e F_v (Figura 4 e 5, respectivamente), para o clone de eucalipto estudado, registrando os maiores valores durante a época seca. Com base nestes resultados, pressupõe-se que a distribuição de energia entre os complexos coletores de luz do PS II, os centros de reação e o acceptor final do PS II apresentaram diferenças entre as épocas avaliadas.

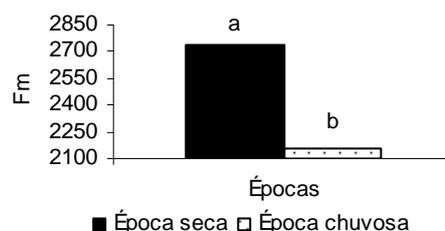


Figura 4- Fluorescência máxima (F_m) em um povoamento clonal de eucalipto na região de Itauninhas, na estação seca e chuvosa.

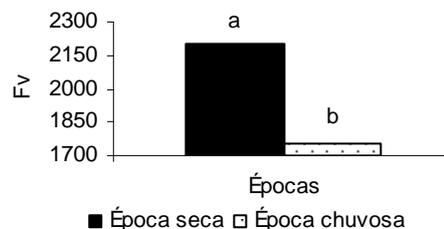


Figura 5- Fluorescência variável (F_v) em um povoamento clonal de eucalipto na região de Itauninhas, na estação seca e chuvosa.

O povoamento do clone estudado apresentou rendimento quântico máximo do PS II semelhante (Figura 6), compreendido entre os valores considerados não estressantes para as plantas, evidenciando que a deficiência hídrica no solo e as condições climáticas, não foram suficientes para provocar danos ao aparato fotoquímico da fotossíntese no PS II.

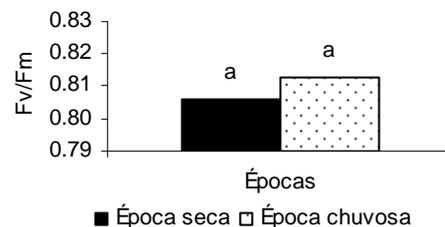


Figura 6- Rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) em um povoamento clonal de eucalipto na região de Itauninhas, na estação seca e chuvosa.

Discussão

Durante a época seca o valor de F_o foi superior ao encontrado durante a época chuvosa, mas esperava-se que o resultado encontrado

fosse o contrário, em virtude da maior disponibilidade de água encontrada no solo durante a época chuvosa. Porém, pode-se atribuir esse resultado, a capacidade do clone de eucalipto tolerar a deficiência hídrica encontrada no solo, e o fato das condições climáticas prevaletentes no momento da campanha, como temperatura, umidade relativa e radiação solar, não serem suficientes para promoverem a indução da fotoinibição. A queda mais acentuada de F_o durante a época seca poderia indicar menor possibilidade de adaptação das plantas às condições fotoinibitórias provenientes da deficiência hídrica encontrada no solo. Verifica-se, assim, que o sistema de absorção de luz do PS II esteja atuando mais eficientemente na época seca, do que em relação à época chuvosa.

Com base na diferença dos valores de F_m e F_v encontradas nas diferentes épocas, supõe-se, que os mecanismos de controle da fase fotoquímica e bioquímica da fotossíntese apresentaram diferenças, e pode-se dizer, que as variáveis avaliadas pela emissão de fluorescência rápida podem ser explorados para estudos do comportamento em diferentes épocas do ano. O maior valor de F_m encontrado durante a época seca, mostra que não causou deficiência na fotorredução da quinona A (Q_A) e nem no fluxo de elétrons entre os fotossistemas do clone estudado. De Las Rivas & Barber (1997) relataram que a perda de atividade do PS II nas espécies suscetíveis, está provavelmente associada à diminuição da capacidade de reoxidação das quinonas, resultando em menor eficiência no transporte de elétrons para o PS I.

O rendimento quântico máximo do PS II, estimado pela razão F_v/F_m , expressa a eficiência de captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII (BAKER, 1991; KRAUSE & WEISS, 1991). Segundo Bolhàr-Nordenkampf et al. (1989), quando uma planta não está submetida ao estresse, a razão F_v/F_m deve ser de 0,75 a 0,85. O clone estudado apresentou rendimento quântico máximo do PS II entre estes valores, evidenciando que a deficiência hídrica no solo e as condições climáticas, não foram suficientes para provocar danos ao aparato fotoquímico da fotossíntese no PS II.

Conclusão

A deficiência hídrica no solo e as condições climáticas impostas durante a época seca, não foram suficientes para provocar danos no aparato fotoquímico do PS II, mostrando a capacidade de tolerância do clone de eucalipto estudado às condições ambientais adversas. A capacidade de tolerar ao déficit hídrico pode estar associada à maior eficiência do sistema fotoprotetor do PSII.

O clone estudado apresentou maior valor de F_o , F_m , F_v , durante a época seca, enquanto que a razão F_v/F_m foi semelhante nas duas épocas.

Referências

- BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O_2 evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 k among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, p.61-66, 1987.
- BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G.. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.
- COSTA, E.S; BRESSAN-SMITH, R.; OLIVEIRA, J.G.; CAMPOSTRINI, E. Chlorophyll a fluorescence analysis in response to excitation irradiance in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* L. Walp) submitted to high temperature stress. **Photosynthetica**, v.41, p.77-82, 2003.
- DE LAS RIVAS, J.; BARBER, J. Structure and thermal stability of photo system II reaction centers studied by infrared spectroscopy. **Biochemistry**, v.36, p.8897-8903, 1997.
- DURÃES, F.O.M. 2003. **Fotossíntese e fluorescência da clorofila: Parâmetros indicadores de tolerância a estresses**. Disponível em: www.cnpms.embrapa.br/nucleos/nea_gest002.html/pesquisa/. Acesso em: 26 set. 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: 1999. 412p.
- KRAUSE, G.H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology**, v.42, p.313-349, 1991.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MATEUS. **Relatório técnico**. Disponível em: www.saomateus.es.gov.br/coordenacao/noticias12.htm. Acesso em: 10 nov. 2006.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.