

SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: ESPÉCIES ARBÓREAS E ATRIBUTOS DESEJÁVEIS

Silvio Brienza Júnior¹
Tatiana Deane de Abreu Sá¹

RESUMO - O desenho de sistemas agroflorestais para as condições ambientais da Amazônia brasileira deve levar em consideração além dos anseios do usuário, aspectos biotecnológicos. Para que os sistemas sejam mais eficientes e produtivos é fundamental que sua seleção se baseie em opções para reduzir ou eliminar limitações do meio físico e que as espécies envolvidas disponham, ao longo das diferentes fases do seu ciclo, de condições micrometeorológicas compatíveis com suas exigências. Além de alguns atributos ecológicos desejáveis para sistemas agroflorestais, são comentados aspectos ligados a silvicultura, produção de biomassa e concentração de nutrientes em diferentes partes de plantas e na liteira das espécies nativas da Amazônia *Bertholletia excelsa* H.B.K. (castanha-do-brasil), *Cordia goeldiana* Huber (freijó), *Swietenia macrophylla* King (mogno) e *Sclerolobium paniculatum* Vogel (taxi-branco).

ABSTRACT - Agroforestry system design to the Brazilian amazon environment must take into account the user's goals and the biology and technology aspects. In order to improve efficiency and productivity it is fundamental to consider agroforestry options capable of reducing or eliminating biophysical limitations and to provide adequate micrometeorological conditions for the different species during their growth stages. Besides ecological attributes desirable to the agroforestry systems, this paper comments on silviculture aspects, biomass production and concentration of nutrients in different parts of plants of *Bertholletia excelsa* H.B.K. (Brazil Nut), *Cordia goeldiana* Huber (freijó), *Swietenia macrophylla* King (mogno) and *Sczerolobium paniculatum* Vogel (taxi-branco).

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa agropecuária e florestal vem buscando nos últimos anos, sistemas de produção mais adaptados socioeconômica e biotecnologicamente às condições tropicais úmidas. Isto quer dizer que há necessidade de uma maior interação positiva entre ações antrópicas e o ambiente, visando evitarem-se situações como áreas de pastagens abandonadas, áreas agrícolas empobrecidas e exploração florestal desordenada.

O uso de consórcios agroflorestais na Amazônia brasileira vem sendo preconizado como uma forma de uso da terra com possibilidades de promover mudanças ambientais e sociais (MARQUES *et al.*, 1993; MARQUES & BRIENZA JÚNIOR, 1992; BRIENZA JÚNIOR & YARED, 1991 BRIENZA JÚNIOR, *et al.*, 1985 e BRIENZA JÚNIOR *et al.*, 1982). Entretanto, a escolha do componente arbóreo

¹ Pesquisadores EMBRAPA-CPATU, Cx. Postal 48, 66.095-100, Belém-PA, Brasil - Fax: 091-226-9845.

reveste-se de importância, uma vez que a árvore é um elemento estrutural e produtivo básico devido aos inúmeros benefícios ecológicos e econômicos que pode oferecer. Além disso, a introdução do componente arbóreo permite uma semelhança com a floresta nativa, onde a formação de diferentes extratos, tanto acima como abaixo do solo, pode permitir uma melhor utilização de nutrientes, águas e luz.

O presente trabalho mostra o comportamento silvicultural e discute alguns atributos desejáveis para as espécies nativas da Amazônia *Bertholletia excelsa* H.B.K. (castanha-do-brasil), *Cordia goeldiana* Huber (freijó), *Swietenia macrophylla* King (mogno) e *Sclerobium paniculatum* Vogel (taxi-branco) e sua relação com fatores ambientais com vista a formulação de sistemas agroflorestais.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE DESENHO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

O desenho de sistemas agroflorestais, além de atender os anseios do usuário, deve preencher alguns atributos biológicos e tecnológicos. SHUTTLEWORTH & NOBRE (1992) comentam que alternativas adequadas a manutenção das condições climáticas da Amazônia devem imitar a vegetação da floresta primária, apresentando crescimento persistente com dossel denso e desuniforme, além de serem manejadas com mínimo uso de fogo.

Contudo, para que esses sistemas sejam mais eficientes e produtivos, é importante que sua seleção se fundamente na busca de opções para reduzir ou eliminar limitações do meio físico e que as espécies envolvidas disponham, ao longo das diferentes fases do seu ciclo, de condições micrometeorológicas compatíveis com suas exigências.

As interações entre plantas componentes de sistemas agroflorestais e a atmosfera podem ser avaliadas, resumidamente, pelos seguintes aspectos (MONTEITH *et al.*, 1991 e Sá, 1994):

- interceptação da energia radiante pela folhagem: está relacionada à qualidade e quantidade de energia para processos formativos e para a fotossíntese;
- interceptação da chuva pela folhagem: afeta a partição da água da chuva ao nível do sistema, modificando o potencial erosivo da chuva, alterando a razão entre água evaporada diretamente das folhas e evapotranspirada pelo complexo solo-planta, além de interferir na quantidade de água livre nas folhas, que tem papel importante na proliferação de doenças;
- temperatura: afeta a taxa de desenvolvimento e, em casos extremos, até a sobrevivência dos componentes;
- vento: além de efeitos mecânicos em muitos casos drásticos, também afeta o processo de evaporação.

Assim, considerando os pontos mencionados, deve-se procurar desenhar sistemas agroflorestais que:

- propiciem maior ou menor interceptação da radiação solar, dependendo do clima da região e da natureza das espécies envolvidas (STIGTER, 1984 e 1988);
- permitam particionar a água da chuva de modo a reduzir seu impacto erosivo e propiciar oferta de água adequada aos componentes do sistemas (STIGTER, 1988 e MONTEITH *et al.*, 1991);

- garantam a manutenção de níveis de temperatura compatíveis com as exigências das espécies componentes do sistema, em regiões onde a temperatura do ar e/ou do solo pode atingir valores críticos (MONTEITH *et al.*, 1991); e

- ofereçam proteção quanto ao efeito mecânico do vento em regiões onde ocorram com frequência ventos fortes potencialmente danosos as culturas (GUYOT, 1989).

3. AVALIAÇÃO DE ALGUMAS ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS PARA SISTEMAS AGROFLORESTAIS

A pesquisa florestal do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (CPATU) tem buscado selecionar espécies nativas de rápido crescimento para uso em diferentes sistemas de plantio, abrangendo desde plantações homogêneas a pleno sol, plantios de enriquecimento a sistemas agroflorestais.

O conceito de ideotipo em sistemas agroflorestais tem sido usado para indicar características desejáveis de espécies em função da produção, manejo e ambiente (HUXLEY, 1984).

A caracterização de espécies para sistemas agroflorestais deve considerar o estágio em que aparecem na sucessão florestal em suas áreas de origem (BUDOWSKI, 1965 e WHITMORE, 1990) e parâmetros que denotam sua adaptação (a nível de folha e estrutura do dossel) às condições ambientais características da vegetação de origem (BAZZAZ, 1979, HART, 1980, OLDEMAN, 1983 e GIVNISH, 1984). Assim, na inclusão dessas espécies em arranjos deve-se procurar sistemas semelhantes no tempo e no espaço às condições encontradas na vegetação original, ou seja, se a espécie é pioneira que coloniza grandes clareiras ou se desenvolve em pequenas clareiras (PCHETT, 1983; CAHAM, 1985; BROKAW, 1987 e POMPA *et al.*, 1988).

A escolha de espécies adequadas para sistemas agroflorestais, deve levar em consideração além dos atributos silviculturais já mencionados, sua função de serviço, bem como níveis de competição e usos múltiplos (TORQUEBAU, 1992), como também o modelo de sistema a ser utilizado. Deve-se buscar espécies de características associativa, que seriam aqueles ideotipos particularmente adequados para sistemas agroflorestais (TORQUEBAU, 1992).

Para uso em sistemas agroflorestais, as espécies deveriam idealmente ter características como: boa adaptação a diferentes condições edafoclimáticas; crescimento rápido a muito rápido; usos múltiplos; rebrotarem facilmente; serem nutricionalmente pouco exigentes; exibirem baixa susceptibilidade a pragas e doenças; serem economicamente rentáveis; e não apresentarem efeitos alelopáticos (YARED *et al.*, 1994).

Portanto, as espécies mais adequadas para uso em sistemas agroflorestais seriam aquelas capazes de abranger um maior número dos itens mencionados anteriormente.

Como as espécies abordadas neste trabalho são ainda pouco estudadas quanto aos aspectos relacionados à sua estrutura em plantios e quanto a sua reação ao meio físico, as informações a esse respeito baseiam-se principalmente, no seu comportamento em condições naturais.

3.1. - Características de espécies tolerante e não tolerantes à sombra

A classificação de espécies pioneiras e climax considera diversos fatores, tais como demanda de luz; dispersão, germinação e banco de sementes; taxa de crescimento; e longevidade, entre outros. As espécies pioneiras são aquelas cujas sementes podem germinar em clareiras de floresta natural sob luz intensa, pelo menos numa parte do dia. Já as espécies climax seriam aquelas que podem germinar sob sombra do dossel da floresta natural (WHITMORE, 1990 e SWAINE & WHITMORE, 1988).

Dentro do grupo de espécies climax, existe uma variação da quantidade de luz necessária para o crescimento das plântulas. De um lado há espécies em geral de crescimento muito lento, que requerem pouca radiação solar incidente para seu desenvolvimento. Do outro extremo, existem espécies que necessitam de muita radiação solar para crescerem, e que possuem crescimento rápido (SWAINE & WHITMORE, 1988).

3.1.1. - Castanha-do-brasil

A castanha-do-brasil, pertencente a família *Lecythidaceae*, ocorre em grande parte da região Amazônica (Brasil, Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia e Guianas). Seu habitat natural é principalmente a mata alta de terra firme de solo argiloso ou argilosilicoso, em regiões que estão submetidas a défices hídricos anuais entre 15 mm e 450 mm (DINIZ & BASTOS, 1974).

Quanto ao aspecto de tolerância a luz, a castanha pode ser considerada como demandante inicial de luz (CARVALHO, 1992), mas que pode suportar níveis moderados de sombreamento quando em consórcio.

Em plantios homogêneos para produção de madeira, a castanheira deve ser plantada em espaçamentos inicialmente adensados (16 a 25 m²/planta), com desbastes posteriores levando a 100 m²/planta (YARED *et al.*, 1993).

TABELA 1. Sobrevivência e incrementos médios anuais em altura, em diâmetro a altura do peito (DAP)

Tipo de Plantio	Idade (meses)	Sobrevivência (%)	Altura (IMA) (m)	DAP (IMA) (cm)	Vol (IMA) (m ³ /ha)
Consórcio (1)	36	90.0	0.8	1.1	-
Homogêneo (2)	78	66.7	1.2	1.8	8.7

3.1.2. - Taxi-branco

O taxi-branco é uma espécie arbórea de terra-firme que pertence a família *Leguminosae*, sub-família *Caesalpinoideae* e tribo *caesalpinoideae*. Sua ocorrência natural abrange a Amazônia brasileira e as regiões Central e Nordeste do Brasil

(PEREIRA, 1990). Quando em plantios homogêneos o taxi-branco apresenta arquitetura semelhante a de plantações de eucalipto. Na sucessão secundária é uma espécie que aparece ocupando espaços abertos caracterizando sua condição heliófila, com grande capacidade de adaptação em condições desfavoráveis de fertilidade do solo (CARPANEZZI *et al.*, 1983; ERFURTH & RUSCHE, 1976; LEMEÉ, 1956; DUCKE, 1949 e CORREA, 1931). O caráter de espécie pioneira pode estar relacionado a capacidade dessa espécie associar-se simbioticamente com bactérias do gênero *Rhizobium* que fixam N atmosférico (DIAS *et al.*, 1992). Além disso, há especulação de que essa espécie também poderia se associar com fungos micorrízicos.

Em parcelas experimentais o taxi-branco tem mostrado boa performance silvicultural em relação a outras espécies nativas também consideradas pioneiras na sucessão secundária (Tabela 2).

TABELA 2. Valores médios de sobrevivência (%) e incrementos médios anuais em altura (m), diâmetro a altura do peito (DAP) (cm) e volume (m³/ha) para o taxi-branco e as espécies nativas *Laetia procera* e *Jacaranda copaia* com diferentes idades, plantadas no espaçamento de 3m x 2m, em Belterra-PA (*).

Espécie	Idade	Sobrevivência	Altura	DAP	Volume
<i>Laetia procera</i>	66	96,7	1,4	1,6	6,7
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	66	94,7	2,2	1,7	19,2
<i>Jacaranda copaia</i>	78	94,7	1,9	2,2	27,0

(*) Adaptado de Yared *et al.* (1988)

O potencial do taxi-branco para a recuperação de solos degradados vem sendo confirmado em plantios em áreas após a extração de bauxita pela Mineração Rio do Norte S/A, em Porto Trombetas-PA. Dentre as diferentes espécies nativas utilizadas, essa espécie destaca-se pela rusticidade e rápida formação para o estabelecimento de outras espécies pioneiras importantes para promoverem maior biodiversidade numa imitação do processo de sucessão natural (DIAS *et al.*, 1994).

3.1.3. - Freijó

O freijó é uma espécie pertencente a família **Boraginaceae**, que ocorre em floresta de terra firme restrita à Amazônia brasileira (CARPANEZZI & KANASHIRO, 1982), em áreas sujeitas a défices hídricos anuais de até 250 mm (RAMALHO FILHO *et al.*, 1984). Sua copa é moderadamente ampla em diâmetro e suas raízes superficiais são bem desenvolvidas, necessitando portanto, de espaçamentos maiores para

crescimento adequado (CARPANEZZI & YARED, 1981). Considerando o comportamento dessa espécie na floresta natural, CARVALHO (1992) classificou-a como demandante de luz. Entretanto, baseado em observações em condições de plantio a pleno sol, em sombra parcial e em consórcio, pode-se considerar o freijó como uma espécie clímax tardia. Isto quer dizer que é preciso luz para seu desenvolvimento inicial, mas seu desempenho pode ser otimizado desde que haja uma proteção lateral durante sua fase inicial de crescimento.

Os melhores resultados de crescimento para o freijó foram obtidos em condições de sombra parcial, onde aos 8 anos de idade, o incremento médio anual em volume foi de 5 m³/ha. Esse valor projetado para uma rotação de 30 anos possibilitaria uma produção de 150 m³/ha (YARED, 1990). Incremento volumétrico médio anual de 4 m³/ha, aos oito anos de idade, também foi observado num consórcio dessa espécie com cultivos agrícolas, banana e mogno (BRIENZA JÚNIOR & YARED, 1991). Num outro consórcio com diferentes espécies florestais e agrícolas na região de Belterra-PA, foram observados incrementos médios anuais em altura de 1,9 m e em diâmetro a altura do peito de 2,2 cm (MARQUES *et al.*, 1993).

3.1.4. - Mogno

O mogno, da família **Meliaceae**, tem larga área de distribuição geográfica. Ocorre desde a península de Iucatã (México), até a Colômbia, Venezuela, Peru e extremo ocidental do Brasil (LOUREIRO *et al.*, 1979), onde há possibilidades de défices hídricos anuais de até 250 mm (RAMALHO FILHO *et al.*, 1984).

Quanto a demanda de luz, o mogno é uma espécie heliófila, que em sua fase jovem pode tolerar sombreamento moderado. Em lugares onde existe pouca luz, as plantas jovens crescem lentamente. Entretanto, quando se abre o dossel com consequente incidência de mais luz, observa-se um rápido crescimento. A disponibilidade de luz associada à proteção lateral, também produz um efeito sinérgico de rápido crescimento (BARROSO, 1983).

O maior problema encontrado para o cultivo do mogno, assim como de outras meliáceas, é o ataque do lepidóptero dos ponteiros (**Hypsiphyla grandella**), que prejudica o crescimento das plantas.

Em condições de plantio a pleno sol, o mogno apresentou incremento médio em altura de 0,5 m/ano. Esse baixo desempenho deve-se aos sucessivos ataques de **H. grandella** aos ponteiros, impedindo o crescimento apical das plantas. Quando plantado em linha em vegetação secundária, sua performance foi cerca de quatro vezes maior que em plena abertura (YARED & CARPANEZZI, 1981). O plantio dessa espécie em consórcio com freijó, banana e cultivos agrícolas nos primeiros dois anos, mostrou incremento médio anual em altura de 2,5 m e de 1,5 cm em diâmetro (ENCONTRO..., 1990). Em outro consórcio dessa espécie na região de Belterra-PA, com quaruba, ingá, banana e cultivos agrícolas de ciclo curto, o mogno apresentou incrementos médios anuais em altura de 2,3 m e em diâmetro a altura do peito de 2,5 cm (MARQUES *et al.*, 1993).

3.2. - Relação solo-planta

A capacidade atribuída a árvore de promover mudanças químicas e estruturais no solo possui controvérsias (FISHER, 1990), embora alguns trabalhos mostrem que diferentes espécies florestais ou frutíferas, têm proporcionado alterações físico-químicas (MONTAGNINI & SANCHO, 1990; EKANADE, 1991 e PARROTA, 1992).

Os mecanismos através dos quais as árvores podem mudar o solo são: a adição de quantidades significativas de matéria orgânica; a fixação de nitrogênio atmosférico; o acúmulo de nutrientes com possibilidade de devolvê-los ao solo através de ciclagem; a amenização da temperatura do solo; e o efeito da rizosfera no que diz respeito ao possível aumento da ciclagem e da disponibilidade de nutrientes (FISHER, 1990).

3.2.1. - Acúmulo de biomassa e partição de nutrientes na planta

O acúmulo de biomassa e partição de nutrientes dentro da planta representam características importantes na seleção de espécies para sistemas agroflorestais, principalmente quanto ao aspecto de manutenção da ciclagem de nutrientes. Teoricamente desejam-se espécies capazes de acumular e liberar nutrientes para os cultivos a elas associados.

Em condições de parcelas experimentais homogêneas de taxi-branco (MATOS, 1993) e num ensaio ao nível de produtor (MARQUES *et al.*, 1993), o acúmulo e a concentração de nutrientes na biomassa de plantas de castanheira, freijó, mogno e taxi-branco foi diferenciado (Tabelas 3 e 4). Em todas as espécies consideradas, a maior biomassa é representada pelo tronco. Com exceção do taxi-branco, pode-se observar uma paridade de biomassa produzida entre folha e galho. O fato do taxi-branco possuir mais galhos, sem dúvida, implica em maior quantidade de folha, e conseqüentemente, maior biomassa foliar.

Quanto a concentração de nutrientes em diferentes partes da planta, observa-se um padrão semelhante ao encontrado por outros autores (freijó - FRAZÃO, 1985 e *Acacia mangium* - BRIENZA JÚNIOR *et al.*, dados não publicados), ou seja, maior concentração de nitrogênio e fósforo nas folhas.

TABELA 3. Acúmulo de biomassa aos cinco anos de idade em diferentes partes de plantas de castanha-do-brasil, freijó e mogno plantadas em consórcio com banana e culturas agrícolas, e num plantio homogêneo de taxi-branco, localizados em Belterra-PA.

Espécie	Biomassa em diferentes partes da planta (kg/planta)			Biomassa Total (kg/planta)
	Folha	Galho	Tronco	
Castanheira ¹	7,3 ± 1,2	7,0 ± 2,1	12,5 ± 3,4	26,8
Freijó ¹	11,8 ± 4,1	11,6 ± 2,5	35,8 ± 9,2	59,2
Mogno ¹	2,8 ± 1,6	3,8 ± 2,4	23,7 ± 3,0	30,3
Taxi-branco ²	20,3	63,1	105,5	188,9

¹ BRIENZA JÚNIOR & MARQUES (dados não publicados)

² MATOS (1993)

TABELA 4. Concentração de nutrientes em diferentes partes de plantas de castanha-do-brasil (1), feijó (2) e mogno (3) com cinco anos de idade, plantadas em consórcio com banana e culturas agrícolas, e num plantio homogêneo de taxi-branco (4), localizados em Belterra-PA.

Espécie	Concentração de nutrientes em diferentes partes de plantas (%)											
	N				P				K			
	Folha	Galho	Casca	Tronco	Folha	Galho	Casca	Tronco	Folha	Galho	Casca	Tronco
1*	1,83	0,46	0,71	0,30	0,08	0,03	0,04	0,01	0,66	0,48	0,64	0,35
2*	2,00	0,89	1,21	0,41	0,08	0,06	0,05	0,03	0,84	0,88	0,84	0,42
3*	1,65	0,57	0,70	0,19	0,08	0,05	0,04	0,02	0,86	0,87	0,72	0,34
4**	Folha	Galho	Casca + tronco		Folha	Galho	Casca + tronco		Folha	Galho	Casca + tronco	
	1,88	0,46	0,24		0,09	0,05	0,03		0,31	0,19	0,11	

* BRIENZA JÚNIOR & MARQUES (dados não publicados)

** MATOS (1993)

Considerando a existência de 74 árvores/ha de mogno e de feijó no consórcio estudado por MARQUES *et al.* (1993) e que essas duas espécies fazem troca total de folhas anualmente, pode-se esperar uma boa entrada de nutrientes no consórcio (Tabela 6). Além disso, deve-se considerar também outras vias de adição de nutrientes tais como água de chuva, lavagem de folhas, atividade biológica do solo e mineralização da matéria orgânica do solo (WHITMORE, 1990).

TABELA 5. Biomassa de folhas (kg) e quantidade de nutrientes (kg) adicionadas através da troca total de folhas por 74 plantas de feijó e de mogno plantadas por hectare, num sistema agroflorestal na região de Belterra-PA

Espécie	Biomassa total de folhas em 74 plantas por hectare	Quantidade de nutrientes (kg/ha)		
		N	P	K
Feijó	873,2	17,5	0,7	7,3
Mogno	207,2	3,4	0,2	1,8
Total	1080,4	20,9	0,9	9,1

3.2.2. - Nutrientes no solo e exigência nutricional

Como característica chave para manter a estabilidade de sistemas de produção de baixos insumos, a liteira é considerada por SANCHEZ *et al.* (1990) o mais importante atributo para espécies produtoras de sombra. Sob condição de plantio homogêneo no Campo experimental de Belterra-PA, a produção de liteira do taxi-branco foi cerca de 2,7 vezes maior que a do *Eucalyptus citriodora* (Tabela 6). A

composição química da liteira é outra característica importante a ser considerada, pois traz implicações imediatas com a decomposição e incremento da matéria orgânica do solo, principalmente quando se trata de recuperar solos degradados. Neste sentido, ao comparar-se a composição química da liteira do taxi-branco com a do *E. citriodora*, verifica-se a vantagem da espécie leguminosa na recuperação da fertilidade do solo, pois além de apresentar baixa relação C/N, o que facilita a decomposição, as quantidades de N, P, K, Ca e Mg que chegaram ao solo foram superiores às observadas para o eucalipto (Tabela 6).

TABELA 6. Produção de liteira, relação C/N da liteira e quantidades de N, P, K, Ca e Mg na liteira em plantios homogêneos de taxi-branco e *E.citriodora* (*)

Espécie	Produção de liteira (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Relação C/N	Quantidade de nutrientes na liteira (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)				
			N	P	K	Ca	Mg
Taxa-branco	7,7	40,0	92,0	2,3	3,9	13,9	5,4
<i>E.citriodora</i>	3,3	69,0	28,0	1,0	2,3	13,7	3,3

(*) BRIENZA & YARED (dados não publicados)

Num plantio experimental homogêneo de castanha-do-brasil, com dez anos de idade e num outro de taxi-branco de quatro anos de idade, foi observado que as condições químicas dos solos eram praticamente semelhantes a de uma capoeira com dez anos de idade (Tabela 7).

TABELA 7. Concentração de nutrientes em amostras de 0-5 cm de profundidade, coletadas em solo sob diferentes espécies florestais, em plantio homogêneo em Belterra-PA (*)

Espécies	pH em água	Ca	Mg	Al	P	K	Mn	Fe
		meq/100 cm ³			ppm			
Taxi-branco	4,10	0,20	0,14	2,37	5,17	28,83	3,70	178,90
Castanha-do-pará	4,01	0,13	0,14	2,69	4,40	26,13	6,00	137,87
Capoeira	3,82	0,07	0,15	3,03	4,80	38,90	2,63	177,73

(*) BRIENZA JÚNIOR *et al.* (dados não publicados)

Quanto aos estudos de nutrição mineral de plantas, alguns resultados dizem respeito ao taxi-branco. Em condições de casa-de-vegetação, essa espécie apresentou baixa exigência em cálcio e tolerância a níveis de Al no solo da ordem de 1 meq/100 cm de solo (DIAS *et al.*, 1991).

3.3. - Características ecológicas desejáveis: conhecimento atual e necessidade de pesquisa

Na falta de estudos mais detalhados sobre os parâmetros luz, água, temperatura, vento e solo, relacionados com as espécies castanha-do-brasil, taxi-branco, freijó e mogno, os comentários a seguir baseiam-se principalmente em observações de campo.

As espécies castanha-do-brasil e taxi-branco são demandantes de luz (CARVALHO, 1992 e CARPANEZZI *et al.*, 1983). O uso da castanheira em sistemas agroflorestais deve ser preferencialmente em arranjos espaciais e temporais que evitem o seu sombreamento excessivo. Além disso, devido a sua arquitetura, sugere-se o uso de espaçamentos amplos, com o objetivo de se evitar competição entre plantas e excessivo sombreamento de outras culturas participantes do consórcio. Assim, recomenda-se para a castanheira espaçamentos variando de 36 a 100 m²/planta no caso de plantações consorciadas inicialmente com cultivos agrícolas de ciclo curto, ou maiores que 100 m²/planta para plantios associados com culturas agrícolas semi-perenes ou perenes.

Quanto ao taxi-branco, seu uso seria mais adequado para recuperação de áreas degradadas; enriquecimento de áreas que permanecerão em posíio; ou até mesmo para plantios energéticos consorciados com cultivos alimentares na fase inicial do povoamento. Na falta de estudos sobre espaçamento adequado para essa espécie, sugere-se o mesmo usado para o eucalipto no caso de plantios energéticos (6m²/planta) ou maiores no caso de enriquecimento de áreas a serem recuperadas em termos de fertilidade do solo.

O freijó mostrou melhor crescimento quando plantado em linha na capoeira com intenso manejo da vegetação circundante. Isto quer dizer que essa espécie necessita de luz indireta e possivelmente, de condições microclimáticas (temperatura) adjacentes menos estressantes para seu crescimento inicial. Esta observação toma como base a floresta natural, onde o crescimento do freijó é dependente de luz abundante e em plantios de enriquecimento em capoeira (CARVALHO, 1992 e CARPANEZZI & YARED, 1981).

O mogno por sua vez, quando plantado em condições de pleno sol apresenta intenso ataque dos ponteiros que compromete seu crescimento. Por outro lado, apresenta efeito sinérgico de crescimento provocados por luz e proteção lateral (BARROSO, 1983). Observações em Belterra-PA, mostram que o comprometimento do crescimento do mogno devido ao ataque da praga dos ponteiros é minimizado em condições de plantio em linha na capoeira (YARED & CARPANEZZI, 1981) e em consórcio (BRIENZA JÚNIOR *et al.*, 1982 e MARQUES *et al.*, 1993).

Assim, a introdução de freijó e mogno em consórcios, um ano após o uso de culturas agrícolas temporárias e perenes, proporcionaria condição semelhante a diversificação encontrada na floresta, a qual poderia ser caracterizada de "pé" na sombra e "cabeça" no sol.

Devido ao fato do freijó apresentar raízes superficiais e procurando minimizar o efeito danoso da praga do ponteiro no mogno, sugere-se para essas duas espécies o uso

de espaçamentos amplos a exemplo da castanheira. O arranjo espacial estudado por MARQUES *et al.*, (1993), com 135 m²/planta, parece ser adequado.

O freijó e o mogno possuem crescimento inicial rápido e estruturas de folhagem que permitem a passagem de grande parte da radiação solar incidente no dossel. Por isso, seriam indicadas para consórcios com espécies que não toleram sombreamento excessivo. Ao contrário, a castanheira como possui copa densa, seria recomendada para consórcios com espécies tolerantes à sombra. Além disso, mogno e freijó fazem troca total de folhas uma vez por ano. Se por um lado isso pode representar uma entrada de nutrientes, esse fato deve ser visto com cuidado do ponto de vista de aspectos ligados aos fluxos radiativos e gasosos que ocorrem ao nível de comunidades vegetais. Caso o consórcio não tenha outras culturas sombreadoras para proteção há o perigo dos cultivos mais sensíveis sofrerem danos quanto aos estresses luminoso, térmico e hídrico, com eventual comprometimento do sistema.

Para as espécies analisadas no presente trabalho, bem como outras com potencialidade para uso em sistemas agroflorestais (YARED *et al.*, 1994) há necessidade de mais estudos tais como:

- seleção de espécies/genótipos considerando aspectos que afetam a interceptação da radiação e o fluxo de ar ao nível da planta; e características morfológicas e anatômicas que propiciem atenuação da temperatura (arquitetura de ramos, coloração e pilosidade das folhas, etc.);

- ciclagem de nutrientes avaliando as entradas no sistema como água de chuva, lavagem de folhas, atividade biológica e mineralização da matéria orgânica do solo, concentração de nutrientes no solo, além das perdas representadas pela lixiviação;

- proteção ao vento considerando a profundidade do sistema radicular, altura e densidade da copa, permeabilidade ao vento das linhas com a espécie (se a linha de quebra-vento tiver pouca permeabilidade, podem ocorrer problemas de tombamento ou quebra das árvores); e

- seleção de espécies quanto a interceptação da chuva, levando em conta atributos estruturais da planta como densidade da copa e inclinação dos ramos; e aspectos fenológicos como época de renovação foliar, de forma a garantir proteção adequada na época em que o fenômeno a controlar é mais intenso.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os consórcios envolvendo plantio em corredor (alley cropping) venham sendo estudados de maneira intensa, as espécies avaliadas no presente trabalho não se adaptam a essa técnica agroflorestal, pelo fato de não suportarem podas sucessivas.

Na Amazônia brasileira, ainda são poucos os trabalhos de pesquisa agroflorestal tanto ao nível de estação experimental como ao nível de produtor. Entretanto, alguns resultados têm demonstrado a viabilidade de utilização de espécies florestais associadas com culturas agrícolas e/ou pastagens. Por outro lado, sabe-se que algumas experiências agroflorestais praticadas em algumas comunidades agrícolas dependeram do seu grau de organização e do aspecto institucional, representado muitas vezes, pelo apoio financeiro inicial para o estabelecimento dos consórcios. Assim, as estratégias para o avanço do conhecimento de diferentes espécies arbóreas de interesse econômico

para sistemas agroflorestais, poderiam incluir levantamento e avaliação de sistemas e práticas de manejo já em uso por:

a) agricultores: Tomé-açu-PA, Uraim-PA, projeto de assentamento rural em Cujubim-RO e projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA), em Nova Califórnia-AC;

b) instituições governamentais: projeto Pobreza e Meio Ambiente (POEMA) executado pela Universidade Federal do Pará; programa de disseminação de sistemas agroflorestais em comunidades organizadas sob a orientação do Centro Agroambiental do Tocantins-CAT/Marabá; Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC); e projeto agroambiental de cooperativismo na Amazônia promovido pelo Departamento Nacional de Cooperativismo (DENACOOB); e

c) instituições não-governamentais: Woods Hole Research Centre (WHRC), Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (SOPREN), Grupo de Pesquisa e Extensão em Sistemas Agroflorestais do Acre (PESACRE), Instituto da Pré-História Antropologia e Ecologia (IPHAE) e Rede Brasileira Agroflorestal (REBRAF).

Além dos fatores científicos considerados anteriormente, o sucesso da aplicação dos sistemas agroflorestais deve levar em consideração os fatores socioeconômicos tais como propriedade da terra e distribuição da mão-de-obra (FORTMAN, 1990). Além disso, também é importante o resgate do conhecimento popular local, que muitas vezes é perdido devido ao fato do agricultor mudar de região, visando sua aplicação em benefício da comunidade. Nesse aspecto, é ilustrativo citar o uso de técnicas de manejo e manipulação do microclima tradicionalmente usadas por agricultores como forma de reduzir limitações quanto a disponibilidade de água, radiação solar e vento. Esse conhecimento é valioso ao desenho de SAF's adaptados a diferentes regiões (SÁ *et al.*, 1994).

5. BIBLIOGRAFIA CITADA

BARROSO, Silvicultura especial de arboles maderables tropicales. Ministerio de Cultura, Editorial Científico-Técnica, Cuba. 427p. 1983.

BAZZAZ, F.A. The physiology ecology of plant succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 10: 351-71. 1979.

BRIENZA JÚNIOR, S.; KITAMURA, P.; DUBOIS, J.C. **Considerações biológicas e econômicas sobre um sistema de produção silviagrícola rotativo na região do Tapajós.** Belém, EMBRAPA-CPATU. 22p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa 50). 1982.

BRIENZA JÚNIOR, S.; YARED, J.A.G. ; KITAMURA, P. **Consórcio temporário de espécies florestais nativas com caupi no Planalto do Tapajós-PA.** Belém, EMBRAPA-CPATU. 18p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa 68). 1985.

- BRIENZA JÚNIOR, S.; YARED, J.A.G. Agroforestry systems as an ecological approach in the Brazilian Amazon development. *For. Ecol. Manage.*, 43:319-323. 1991.
- BRIENZA JÚNIOR, S.; MARQUES, L.C.T. **Concentração de nutrientes em diferentes partes de árvores nativas da Amazônia plantadas em consórcio com culturas agrícolas em área de pequeno produtor.** Dados não publicados.
- BRIENZA JÚNIOR, S.; YARED, J.A.G. **Nutrientes na liteira de algumas espécies florestais de rápido crescimento plantadas no planalto do Tapajós.** Dados não publicados.
- BRIENZA JÚNIOR, S.; DIAS, L.E.; PEREIRA, C.A. *Acacia mangium*: Uma leguminosa exótica para recuperação de solos degradados. No prelo.
- BROKAW, N.V.L. Gap-size regeneration of three pioneer tree species in a tropical forest. *J.Ecol.*, 75: 9-19. 1987.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. *Turrialba*, 15:(1)40-2. 1965.
- CANHAM, C.D. Growth and canopy architecture of shade tolerant trees: response to canopy gaps. *Ecology*, 69(3):786-95. 1988.
- CARPANEZZI, A.A.; KANASHIRO, M. **Informações sobre a ecologia de freijó cinza (*Cordia goeldiana* Huber).** Belém, EMBRAPA-CPATU. 13p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa 14). 1982.
- CARPANEZZI, A.A.; YARED, J.A.G. Crescimento de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em plantios experimentais. Belém, EMBRAPA-CPATU. 10p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa 26). 1981.
- CARPANEZZI, A.A.; MARQUES, L.C.T.; KANASHIRO, M. **Aspectos ecológicos e silviculturais de taxi-branco-da-terra-firme.** EMBRAPA-URPFCS, Curitiba, Circular Técnica, 8. 10p. 1983.
- CARVALHO, J.O.P. de. **Structure and dynamics of logged over Brazilian Amazonian rain forest.** Oxford Forestry Institute, Department of Plant Science, University of Oxford. England. 215p. Ph.D. Tese.
- CORREA, M.P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, v2. 707p. 1931.
- DIAS, L.E.; BRIENZA JÚNIOR, S.; PEREIRA, C.A. **Taxi-branco (*Sclerobolium paniculatum* Vogel): Uma leguminosa arbórea nativa da Amazônia com potencial para recuperação de áreas degradadas.** Trabalho apresentado no Encontro sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Santarém-PA. 7p. 1994.

- DIAS, L.E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ V., V.H.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerobium paniculatum* Vogel): 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Rev. árv.**, Viçosa, 16(2):135-143. 1992.
- DIAS, L.E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ V., V.H.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerobium paniculatum* Vogel): 1. Resposta a calcário e fósforo. **Rev.Pesq.Agropec.Bras.**, Brasília, 26(1):69-76.
- DINIZ, T.D. DE A.S.; BASTOS, T.X. Contribuição ao conhecimento do clima típico da castanha-do-Brasil. **Bol.Téc. IPEAN**, 64:59-71. 1974.
- DUCKE, A. Notas sobre a flora neotropical. II. As leguminosas da Amazônia Brasileira. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte**, Belém, (18):1-248. 1949.
- EKANADE, O. The nature of soil properties under mature forest and plantations of fruiting and exotic trees in the tropical rain forest fringes of SW Nigeria. **Journal of World Forest Resource Management**. vol. 5, pp. 101-14. 1991.
- Encontro sobre Pesquisa Florestal na Região do Tapajós. **Documento final**. Belém: EMBRAPA-CPATU. p.23. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 55). Santarém, PA. 1991.
- ERFURTH, T.; RUSCHE, H. **The marketing of tropical wood. B. wood species from South American tropical moist forest**. Roma, FAO. 32p. 1976.
- FISHER, R.F. Amelioration of soils by trees. In: Gessel, S.P.; Lacate, D.S.; Weetman, G.F. & Powers, R.F. (eds). Sustained productivity of forest soils. Proceedings of the 7th North American Forest Soils Conference. University of British Columbia, Vancouver, Canada, July 1988. pp.290-300.
- FORTMANN, L. The view from the farmer: Social dimensions of agroforestry. In: Moore, E. (ed). Proceedings of a special session on agroforestry land-use systems. American Society of Agronomy annual meeting. International Agronomy Section. p.63-73. Nov. 28-29, 1988.
- FRAZÃO, D.A.C. **Sintomatologia das carências de macronutrientes em casa de vegetação e recrutamento de nutrientes pelo freijó (*Cordia goeldiana*, Huber) aos 2,3,4 e 8 anos de idade implantado em Latossolo amarelo distrófico, Belterra, Pará**. ESALQ, Piracicaba-SP. 194p. Tese Doutorado. 1985.
- GIVNISH, T.J. Leaf and canopy adaptations in tropical forests. In: Medina, E.; Mooney, H.A. & Vasquez-Yanes, C. (eds). Physiological ecology of plants of wet tropics. Lancaster, De. W. Junk Publis., p.51-84. 1984.

- GUYOT, G. Les effets aerodynamiques et microclimatiques des brises vent et des aménagements regionaux. In: Reifsnnyder, W.S. & Danhofer, T.O. **Meteorology and agroforestry**. ICRAF, Nairobi. p.503-25. 1989.
- HART, R.D. A natural ecosystem analog approach to the design of a successional crop system for forest environment. **Biotropica**, 12: 73-82. 1980.
- HUXLEY, P.A. The tree/crop interface or simplifying the biological/environment study of mixed cropping agroforestry systems. **Agroforestry Systems** 3:251-66. 1985.
- MONTAGNINI, F.; SANCHO, F. Impacts of native trees on tropical soils: A study in the Atlantic Lowlands of Costa Rica. **Ambio**. 19(8):386-90. 1990.
- LEMEÉ, A. Végétaux utiles de la Guyane française. In: **Flore de la Guyane Française**. Paris, P. Lechevalier, p.53. 1956.
- LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. DA; ALENCAR, J. da C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus, INPA, v. 1 e 2. 1979.
- MARQUES, L.C.T.; BRIENZA JUNIOR, S. **Sistemas agroflorestais na Amazônia Oriental: Aspectos técnicos e econômicos**. Trabalho apresentado no 2º Encontro Brasileiro de Economia e Planejamento Florestal. CNPF-EMBRAPA, Curitiba-PR, 01-04 outubro. 1992.
- MARQUES, L.C.T.; YARED, J.A.G.; FERREIRA, C.A.P. **Alternativa agroflorestal para pequenos produtores agrícolas, em áreas de terra firme do município de Santarém, Pará**. Belém. EMBRAPA-CPATU. 18p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 147). 1993.
- MATOS, A. de O. **Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em taxi (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) de diferentes idades, em Belterra, Pará**. Piracicaba, SP. ESALQ. Tese Doutorado. 110p. 1993.
- MONTAGNINI, F.; SANCHO, F. Impacts of native trees on tropical soils: a study in the Atlantic Lowlands of Costa Rica. **Ambio**, 19(8):386-90. 1990.
- MONTEITH, J.L.; ONG, C.K.; CORLETT, J.E. Microclimate interactions in agroforestry systems. **For.Ecol. Manag.**, 45:31-44. 1991.
- NAIR, P.K.R. **Agroforestry Species: A Crop Sheets Manual**. Nairobi, ICRAF, 336p. 1980.

- NASCIMENTO, C.N.B.; HOMMA, A.K. **Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 282p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 27). 1984.
- OLDEMAN, R.A.A. The design of ecologically sound agro-forestry. In: Huxley, P.A. (ed). **Plant research and agro-forestry**, ICRAF, Nairobi. pp. 173-207. 1983.
- PARROTA, J.A. The role of plantation in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 41:115-133. 1992.
- PEREIRA, B.A. da S. **Estudo morfo-anatômico da madeira, casca e folha de duas variedades vicariantes de *Sclerolobium paniculatum* Vogel (*Leguminosa, Caesalpinioideae*) de mata e cerrado**. Piracicaba, SP. ESALQ. Tese Mestrado. 192p. 1990.
- PICHETT, S.T.A. Differential adaptation of tropical species to canopy gaps and its hole in community dynamics. **Trop. Ecol.**, 24(1):68-84. 1983.
- POPMA, J.; BONGERS, F.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; VENEKLAAS, E. Pioneer species distribution in treefall gaps in Neotropical rain forest: a gap definition and its consequences. **J. Trop. Ecol.**, 4:77-88. 1988.
- RAMALHO FILHO, A.; HIRANO, C.; DINIZ, T.X. **Aptidão pedoclimática - Zoneamento por produto - Região do Programa Grande Carajás**. Rio de Janeiro, Ministério da agricultura. 1984.
- SÁ, T.D. de A. **Aspectos climáticos associados a sistemas agroflorestais: implicações no planejamento e no manejo em regiões tropicais**. Trabalho apresentado no 1º Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, Porto Velho, 13p. 1994.
- SÁ, T.D. de A.; MATTOS, M.M.; BASTOS, T.X.; BRIENZA JÚNIOR, S.; PACHECO, N.A. Microclimate manipulation in traditional land use systems in the Brazilian Eastern Amazon: present state and potential needs. In: International Meeting Ecophysiology of Tropical Intercropping, Guadalupe, 1993. **Proceedings**. (No prelo).
- SANCHEZ, G.; KASS, D.; BOREL, R.; BONNEMANN, A.; BEER, J. Program in sustained agricultural production and development. In: Moore, E. (ed). **Proceedings of a special session on agroforestry land-use systems**. American Society of Agronomy annual meeting. International Agronomy Section. Nov. 28-29, p.75-83. 1988.

- SHUTTLEWORTH, W.J.; NOBRE, C.A. Wise forest management and climate change. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7, São Paulo, 1992, *Anais...*, v.1, São Paulo. p.287-92.
- STIGTER, C.J. Traditional use of shade: a method of microclimate manipulation. *Arch.Met.Geoph.Biocl., Ser.B*, 34:203-10. 1984.
- STIGTER, C.J. Microclimate management and manipulation in agroforestry. In: WIERSUM, K.L. (Ed). *Viewpoints in agro-forestry*. 21p. 1988.
- SWAINE, M.D.; WHITMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*. 75:81-86. 1988.
- TORQUEBIAU, E. **A framework for the evaluation of agroforestry**. ICRAF. (Lecture notes). 17p. 1992.
- WEIDELT, H.J. Agroforestry systems in tropics: recent developments and results of research. *App.Geogr. Devel.* 41:39-50. 1993.
- WHITMORE, T.C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford, Clarendon Press, 226p. 1990.
- YARED, J.A.G.; CARPANEZZI, A.A. **Conversão de capocira alta da Amazônia em povoamento de produção madeireira: o método "recrú" e espécies promissoras**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 27p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 25). 1981.
- YARED, J.A.G. Silvicultura de algumas espécies nativas da Amazônia. In: 6º Congresso Florestal Brasileiro, São Paulo. *Anais*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, p.119-21. 1990.
- YARED, J.A.G.; KANASHIRO, M.; CONCEIÇÃO, J.G.L. **Espécies florestais nativas e exóticas: comportamento silvicultural no planalto do Tapajós-Pará**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 29p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 49). 1988.
- YARED, J.A.G.; KANASHIRO, M.; VIANA, L.M.; CASTRO, T.C.A. DE; PANTOJA, J.R. de S. Comportamento silvicultural de castanheira (*Bertholletia excelsa*) plantada em diversos locais na Amazônia. *Anais*. 7º Congresso Florestal Brasileiro, Curitiba-PR, p.416-18. 1993.
- YARED, J.A.G.; BRIENZA JÚNIOR, S.; MARQUES, L.C.T. **Agrossilvicultura: Conceitos, classificação e potencialidades de aplicação na Amazônia Brasileira**. 10p. 1994. (No prelo).