



AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA BIOLÓGICA E HABILIDADE COMPETITIVA NOS SISTEMAS DE CONSORCIAÇÃO DE PLANTAS

Ciro de Miranda Pinto¹; Olienai de Ribeiro de Oliveira Pinto²

¹Doutor em Agronomia/Fitotecnia/Universidade Federal do Ceará - Brasil

²Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia/ Universidade Federal do Ceará - Brasil

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

O consórcio de plantas cultivadas consiste no cultivo simultâneo ou não simultâneo de duas ou mais espécies em uma área agrícola, tendo a dimensão espacial e temporal de convivência entre as plantas cultivadas. Essa prática visa melhorar a eficiência no uso dos fatores de produção, água, nutrientes e luz. Além de garantir maior estabilidade na produção, reduzindo os riscos derivados da adversidade climática característica da região semiárida do Nordeste brasileiro, assegurando assim a geração de renda ao pequeno produtor rural. Para proceder a avaliação destes sistemas de cultivo foram desenvolvidos índices para avaliar a eficiência biológica e a habilidade competitiva das plantas cultivadas juntas. A eficiência biológica é avaliada mediante os índices: UET, RAET, Média do UET+RAET, CET e IPS. Enquanto, a habilidade competitiva é mensurada pelos índices: CAR, RC, "A" e PGAR. O uso destes índices pode auxiliar pesquisador na tomada de decisão para escolher o melhor tratamento nos sistemas consorciados, seja em experimentos com época relativa de plantio, configuração de plantio, população de plantio e níveis de adubação.

PALAVRAS-CHAVE: Fisiologia da produção vegetal, produtividade, semiárido e sustentabilidade

EVALUATION OF COMPETITIVE ABILITY AND BIOLOGICAL EFFICIENCY IN INTERCROPPING SYSTEMS

ABSTRACT

The intercropping systems consist of plants grown in cultivation simultaneously or not simultaneously two or more species in an agricultural area, with spatial and temporal dimension of coexistence among cultivated plants. This practice aims to improve the use efficiency of factors of production, water, nutrients and light. Besides ensuring greater stability in production, reducing the risk from climate and soil of adversity characteristic of the semiarid region of northeastern Brazil, thus ensuring the generation of income for small farmers. To undertake

assessment of cropping systems were developed index to assess the biological efficiency and competitive ability of plants grown together. The biological efficiency is evaluated using indices: LER, ATER, average LER + ATER, LEC and SPI. Meanwhile, the competitive ability is measured by the indices: RCC, CR, "A" and AGYL. The use of these index can assist researchers in making the decision to choose the best treatment in intercropping systems, whether in experiments on the time of planting, plant configuration, plant population and fertilizer levels.

KEYWORDS: Physiology of crop production, productivity, sustainability and semiarid

1 INTRODUÇÃO

A consorciação de plantas é uma prática de manejo cultural que reduz os riscos derivados da irregularidade de chuva no semiárido brasileiro na produção de grãos, fibras, raízes e raízes tuberosas para a agricultura familiar, pois se uma espécie vegetal não produzir a outra pode produzir e compensar essa falha. O consórcio de plantas sativas, econômicas ou cultivadas consiste no cultivo simultâneo ou não simultâneo de duas ou mais espécies em uma área agrícola, tendo a dimensão espacial e temporal de convivência entre as plantas cultivadas.

Essa prática de manejo cultural é comum no Nordeste brasileiro, visa melhorar a eficiência no uso dos fatores de produção, através da intensificação do uso da terra com mais de uma cultura plantada na mesma área, e no mesmo período. Além disso, reduz a erosão do solo, reduz a incidência de insetos, nematóides, fungos, aumenta a estabilidade na produção e o retorno econômico. Dentre as desvantagens dessa prática, citam-se a dificuldade nos tratos culturais mecanizados, uso de herbicidas compatíveis com as plantas associadas, competição interespecífica pelos recursos do ambiente e os possíveis efeitos alelopáticos.

A consorciação de espécies destinadas à produção de biocombustíveis com espécies usadas na alimentação humana e de animais ruminantes ou não ruminantes, aumenta o leque de oportunidades de comercialização do agricultor familiar, contribuindo também com a sustentabilidade ambiental, em decorrência da maior e melhor utilização da terra agricultável. Tais condições favorecem a ampliação no mercado de óleos vegetais no Brasil decorrente do seu uso na produção de biodiesel e traz novas e favoráveis perspectivas de incrementos no cultivo de oleaginosas no sistema de consorciação.

As avaliações dos sistemas de consorciação publicados nas revistas brasileiras restringem-se apenas ao emprego do UET, "A", CAR. Desta forma, justifica-se o emprego de outros índices para análise da eficiência biológica e como também a habilidade competitiva dos componentes do sistema de consorciação. A avaliação da produtividade dos sistemas de consorciação é realizada por mediante índices, os quais medem a eficiência biológica e habilidade competitiva entre as espécies sativas associadas. Nessa avaliação leva-se em consideração dados como a produtividade relativa, a proporção de área ocupada pelas espécies, o tempo de colheita das espécies e o maior tempo levando por umas espécies constituintes do sistema. Dentre esses, índices destacam-se o uso eficiente de terra, UET (WILLEY & OSIRU, 1972; MEAD & WILLEY, 1980), razão equivalente de área no tempo,

RAET (HIEBSCH, 1978), média aritmética do UET e RAET (MASON et al., 1986), índice de produtividade do sistema, IPS (ODO, 1991), razão de compensação, RC_o (NTARE & WILLIAMS, 1992), coeficiente equivalente de terra, CET (ADETILOYE et al., 1983), coeficiente de adensamento relativo, CAR (De WIT, 1960), razão de competição, RC (WILLEY & RAO, 1980), agressividade, A (McGilchrist, 1965; WILLEY, 1979), perda ou ganho de rendimento atual, PGAR (BANIK, 1996).

Essa revisão procurar relatar a importância dos sistemas consorciados e a avaliação mediante uso de índices eficiência biológica e habilidade competitiva entre as espécies sativas associadas. Com essas informações os professores e alunos da área de produção vegetal como os do curso de Agronomia e áreas afins, poderão melhorar a discussão dos trabalhos envolvendo a consorciação de plantas no nível de iniciação científica, monografia, dissertação e teses, aumentando a probabilidade de publicação nos periódicos nacionais e internacionais.

2 SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO DE PLANTAS

A consorciação de culturas é uma prática muito comum no Nordeste brasileiro. Essa prática visa melhorar a eficiência no uso dos fatores de produção, através da intensificação do uso da terra com mais de uma cultura plantada mesma área, e mesmo no período. Além de garantir maior estabilidade na produção, reduzindo os riscos derivados da adversidade climática característica do semiárido, assegurando assim a geração de renda ao pequeno produtor rural.

No cultivo consorciado, as espécies normalmente diferem em altura e em distribuição das folhas no espaço, entre outras características morfológicas, que podem levar as plantas a competir por energia luminosa, água e nutrientes. A divisão da radiação solar incidente sobre as plantas, em um sistema consorciado, será determinada pela altura das plantas e pela eficiência de interceptação e absorção (FLESCH, 2002). O sombreamento causado pela cultura mais alta reduz tanto a quantidade de radiação solar à cultura mais baixa como a sua área foliar (TRENATH, 1976). Uma vez que a radiação solar afeta o desenvolvimento da segunda cultura semeada, a escolha do melhor arranjo e da época ideal de semeadura é crucial no desempenho da consorciação.

A consorciação de espécies oleaginosas como a mamona cultivada com outros consórcios, tem se mostrado vantajoso em relação ao monocultivo. Respostas desta, natureza comprovando tal afirmação, foram reportados em sistemas mamona +gergelim (BELTRÃO et al., 2010 a) e mamona+amendoim (BELTRÃO et al., 2010 b), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim (THANUNATHAN et al., 2008), mamona+ milho (AZEVEDO et al., 2007 a), mamona+sorgo e mamona +caupi (CORRÊA et al., 2006) e mamona + sorgo, mamona + gergelim e mamona + feijão caupi (TÁVORA et al., 1988). A competição interespecífica é inevitável quando duas espécies sativas são cultivadas juntas (VANDERMEER, 1992), decrescendo a sobrevivência, crescimento ou reprodução de no mínimo uma das espécies (CRAWLEY, 1997).

3 ASPECTOS CONSIDERADOS NO SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO

O sucesso do sistema de consorciação necessita que sejam realizadas várias considerações antes e durante o cultivo das espécies associadas. Nesses sistemas os efeitos no crescimento vegetativo das culturas componentes, devem ser considerados no espaço, tempo e fontes físicas. A viabilidade econômica da

consorciação depende do padrão de cultivo e da seleção de culturas compatíveis. A seleção de culturas compatíveis nos sistemas consorciados apresenta importância capital no que concerne a: hábito de crescimento, utilização do espaço, luz, água e nutrientes (SERAN & BRINTHA, 2010). Além disso, devem-se analisar a uso complementar dos recursos do ambiente no espaço e no tempo, espaçamento e densidade de plantio, épocas relativas de plantio e a configuração de fileiras nos sistemas consorciados.

3.1 USO COMPLEMENTAR DOS RECURSOS DO AMBIENTE ('ANNIDATION')

A "annidation" ou o uso complementar dos recursos pela exploração do ambiente ocorre em diferentes vias pelos componentes de uma comunidade (PALANIAPPAN & SIVARAMAN, 1996).

3.1.1 'Annidation' no espaço

O dossel das culturas componentes do sistema de consorciação pode ocupar diferentes camadas verticais com uma cultura componente mais alta e tolerante a alta radiação e demanda evaporativa do ar e uma espécie mais baixa favorecida pelo sombreamento e alta umidade relativa. O cultivo em multiestratos, por exemplo, coco consorciado com cacau (*Theobroma cacao*) e chá (*Camellia sinensis*) usa esse princípio (PALANIAPPAN & SIVARAMAN, 1996). Essa modificação do microclima melhora o crescimento da outra cultura. Entretanto para que estes sistemas sejam mais produtivos é necessário que as culturas 'modificadoras', além de serem eficientes nos objetivos específicos, sejam também de valor econômico (MORGADO & RAO, 1986). Outra forma de 'annidation' no espaço ocorre no ambiente radicular, onde a exploração de diferentes camadas do solo pelas raízes das culturas componentes pode proporcionar a melhor utilização das fontes com menor competição. Isto ocorre mais frequentemente com espécies perene consorciadas com espécies anuais (PALANIAPPAN & SIVARAMAN, 1996).

3.1.2 'Annidation' no tempo

Essa situação ocorre quando duas culturas variam largamente na duração do ciclo, seus picos de demanda por luz, nutrientes ocorrem em momentos distintos reduzindo assim a competição. Quando a colheita de uma cultura é antecipada, as condições de crescimento tornam-se favoráveis a maturação da cultura tardia. Resposta desta natureza tem sido observadas nos consórcios quando + sorgo, milho + feijão mungo e milho + mamona (PALANIAPPAN & SIVARAMAN, 1996).

3.1.3 Outras formas de 'annidation'

O consórcio de leguminosas e não leguminosas apresenta efeito positivo para a segunda espécie visto que a primeira transfere parte do nitrogênio fixado pelos nódulos radiculares (PALANIAPPAN & SIVARAMAN, 1996). Outras associações simbióticas entre fungos micorrizos e bactérias fixadoras de nitrogênio do ar atmosférico são realizadas por espécies não leguminosas e leguminosas, respectivamente. FERNANDES et al. (2008) reportaram que o cultivo consorciado de leguminosas com algumas culturas altamente micotróficas, como citros, mandioca e algodão pode resultar em maior colonização micorrízica das raízes destas últimas e,

consequentemente, em maior capacidade de absorção de fósforo e maior produtividade em condições de utilização reduzida de insumos.

4 CONFIGURAÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO

A escolha da configuração de fileiras e população de plantas adequada no sistema de consorciação entre espécies cultivadas proporciona incrementos no rendimento de grãos pelo efeito da complementação da exploração dos recursos do ambiente abaixo e acima do solo. A configuração de fileiras, também é conhecida por arranjo espacial no sistema de consorciação, consiste em delinear a melhor distribuição das plantas no campo de produção de culturas associadas de modo que ocorra menor competição intra e interespecífica pelos recursos do ambiente, dentre eles, água, nutrientes e luz.

Os trabalhos de pesquisa sobre configuração de fileiras envolvem diferentes agroecossistemas, por exemplo, milho + caupi (YILMAZ et al., 2008), milho+ melão, milho + quiabo, mandioca + quiabo (OLASANTAN, 1998), milheto + guandu (AROKIARAJ & KANNAPPAN, 1995), mamona + milho (AZEVEDO et al., 2007 a), amendoim+ milho doce (BHAGAT et al., 2006), algodão herbáceo + caupi +sorgo (BEZERRA NETO et al., 2001).

AZEVEDO et al. (2007 a), estudando mamona + milho em consórcio, verificaram que as diferentes configurações de arranjos de fileiras não proporcionaram alterações consistentemente no porte, nos componentes da produção, nem o rendimento de baga da mamona (Tabela 1). Ao passo que, CORRÊA (2005) pesquisando a mamona consorciada com caupi e amendoim, constatou alterações na produtividade de grãos da mamoneira, conforme mudou a espaçamento de plantio do consórcio em relação ao monocultivo.

Tabela 1. Altura da planta (cm), diâmetro caulinar da mamona (mm), número de cacho por planta, número de bagas por cacho, peso de 100 sementes (g) e rendimento de baga de mamona (kg ha⁻¹). Monteiro, PB. 1994/1997.

Fatores	Altura planta	Diâmetro caulinar	Número de cacho	Número de bagas	P. 100 sementes	Rendimento de baga de mamona	%T
Arranjos							
01:01	147,56a	25,08ab	1,66a	4,76a	68,50a	639,38b	71
01:02	146,94a	24,27b	1,65a	4,47a	70,45a	450,25b	44
01:03	148,00a	23,66b	1,71a	4,54a	69,41a	398,44b	50
02:03	159,00a	26,20ab	1,77a	4,38a	73,26a	536,94b	59
02:04	143,25a	23,66b	1,78a	4,43a	67,73a	482,75b	53
Mamona isolada	147,00a	27,88a	1,87a	4,36a	69,50a	904,88a	100
Ano							
1994	207,04a	36,41a	1,96a	4,99a	71,92a	1202,21a	-
1995	130,58bc	22,81b	1,70b	4,16b	69,41a	591,38b	-
1996	113,20c	21,20bc	1,63b	3,99b	69,05a	205,50c	-
1997	143,66b	20,07c	1,67b	4,03b	68,84a	276,00c	-

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. %T = Percentual em relação sistema isolado.

5 ÉPOCAS RELATIVAS NO SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO

Sabe-se que sistemas consorciados, onde ocorre o plantio simultâneo das espécies a serem estudadas resultam normalmente em reduções na produtividade de grãos das espécies em plantio associado em comparação ao monocultivo. Visando reduzir tais impactos nos sistemas consorciados com relação à competição pelos fatores de produção, insere-se a prática de manejo cultural que recebe algumas denominações, dentre elas, antecipação de plantio, épocas relativas de plantio, plantios defasados ou escalonamento de plantio. Nessa prática ocorre uma defasagem ou atraso na semeadura do consorte em relação cultura principal ou uma defasagem ou atraso na semeadura da cultura principal em relação ao consorte, isso irá depender da intensidade de competição interespecífica.

Alterações nas épocas relativas de plantio nos agroecossistemas de consorciação apresentam grande significância no manejo agrícola, sendo investigadas em vários sistemas associados, a exemplo, mamona+ gergelim (BELTRÃO et al., 2010 a), mamona + amendoim (BELTRÃO et al., 2010 b), quiabo + milho e quiabo + feijão caupi (MUINEKE et al., 1997), algodão + feijão caupi (ENDONDO & SAMATANA, 1999), mandioca + soja (MBAH et al., 2008), milho+ feijão caupi (FLESCHE, 2002; MAURICE et al., 2010), girassol + cana-de-açúcar (PEÑA et al., 1989), algodão + amendoim (ARAÚJO et al., 2006), feijão comum + milho (SILVA et al., 2001; FRANCIS et al., 1982) e feijão comum+mandioca+milho (HART, 1975).

Em estudos conduzidos por SANGOI & ALEMIDA (1993), reportaram que o atraso na semeadura do milho, possibilitou incremento na produtividade de grãos de feijão comum, sem afetar a produtividade de grãos do milho. SILVA et al. (2001) considerando o uso eficiente de terra e os rendimentos do milho e dos plantios de feijão (das 'águas' e 'seca'), o tratamento mais conveniente para o pequeno agricultor é plantar o milho cinco dias depois do feijão.

Os estudos com épocas relativas de plantio, foram realizados por BELTRÃO et al. (2010 a,b), onde constataram declínios na produtividade de grãos da mamoneira nos sistemas consorciados com gergelim e amendoim. Esses autores aconselharam que o plantio das espécies consorciadas do amendoim (Figura 1) e gergelim deve ocorrer aos 15 e 20 dias depois da mamona.

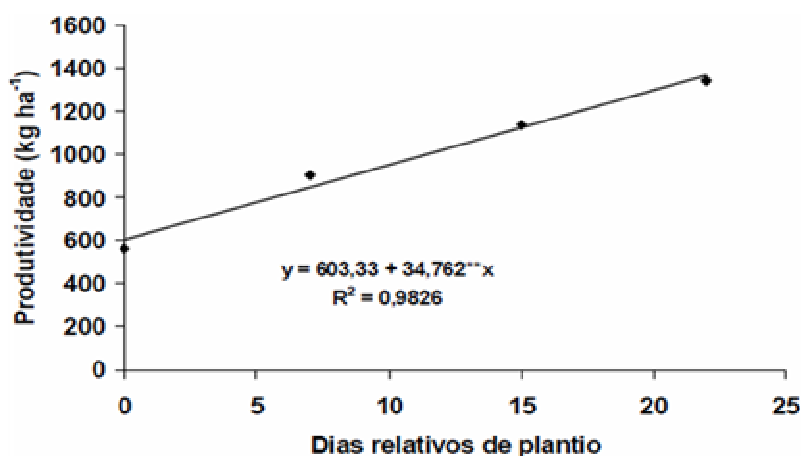


Figura 1. Produtividade da mamoneira em função de épocas relativas de semeadura do amendoim. Areia, PB, 2006 (BELTRÃO et al., 2006 b)

Os sistemas consorciados entre cana-de-açúcar e girassol, o plantio da segunda espécie é recomendado no máximo até 10 dias, depois do corte da primeira espécie, em outras datas de plantio resultaram em declínio na produtividade de grãos do girassol, em decorrência do rebrotamento da cana-de-açúcar e conseqüentemente o maior fechamento das linhas, provocando sombreamento (PEÑA et al., 1989).

6 ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DE PLANTIO NOS SISTEMAS CONSORCIADOS

Entende-se por espaçamento o intervalo compreendido entre duas fileiras, e por densidade de plantio o espaço deixado entre plantas dentro da fileira. O espaçamento e densidade de plantio definem população de plantio. A população de plantas é quantificada em termos plantas unidades de área e determinam o tamanho da área disponível por planta, dentro de uma lavoura (AZEVEDO et al., 2001).

A baixa população por unidade de área resulta em baixa produtividade (SERAN & BRINTHA, 2010). Sabe-se, no entanto, que o uso de populações ótimas permitem alcançar rendimentos máximos, é um aspectos básicos quando se pretende obter vantagens de rendimentos do sistema consorciado em relação ao monocultivo. Neste tipo de sistema, a população total combinada deve ser mais elevada que população individual ótima de cada cultura em monocultivo (AZEVEDO et al., 2001).

7 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO DE PLANTAS POR ÍNDICES

Para avaliar o desempenho dos sistemas consorciados em relação ao monocultivo vários índices foram desenvolvidos, por exemplo, uso eficiente de terra, UET (MEAD & WILLEY, 1980), razão área equivalente no tempo, RAET (HIEBSCH, 1978), média aritmética do UET e RAET (MASON et al., 1986), índice de produtividade do sistema, IPS (ODO, 1991), razão de compensação, RC_o (NTARE & WILLIAMS, 1992), coeficiente equivalente de terra, CET (ADETILOYE et al., 1983), coeficiente de adensamento relativo, CAR (de WIT, 1960), razão de competição, RC (WILLEY & RAO, 1980), agressividade, A (McGilchrist, 1965), perda ou ganho de rendimento atual, PGAR (BANIK, 1996).

7.1 EFICIÊNCIA BIOLÓGICA NO SISTEMA DE CONSORCIAÇÃO

A eficiência biológica no sistema de consorciação foi tomada através dos índices a saber: Uso Eficiente de Terra (UET), Razão de Área Equivalente no Tempo (RAET), Média Aritmética entre UET e RAET, Coeficiente Equivalente de Terra (CET), Índice de Produtividade do Sistema (IPS).

7.1.1 Uso eficiente de terra (UET)

A comparação entre os sistemas de cultivo consorciado e de monocultivo é procedida mediante o Uso Eficiente de Terra (UET) conforme a fórmula proposta (WILLEY & OSIRU, 1972; MEAD & WILLEY, 1980).

$$UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} = UET_a + UET_b$$

em que Y_{ab} e Y_{ba} representa a produtividade das culturas 'a: mamona' e 'b: gergelim, algodão, milho e feijão caupi' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produção do monocultivo. O UET_a e UET_b representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. Se $UET > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $UET=1$ não ocorre vantagem produtiva, se $UET < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

O uso eficiente de terra (UET) foi primeiro índice usado na avaliação dos sistemas consorciados em relação aos monocultivo, onde estudou-se as culturas do amendoim e sorgo (NIQUEUX, 1959). Os sistemas de cultivo consorciado da mamoneira foram investigados em alguns agroecossistemas, a exemplo, mamona + gergelim (BELTRÃO et al., 2010 a) e mamona + amendoim (BELTRÃO et al., 2010 b), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim (THANUNATHAN et al., 2008), mamona + milho (AZEVEDO et al., 2007 a), mamona + sorgo e mamona + caupi (CORRÊA et al., 2006) e mamona+sorgo, mamona + gergelim e mamona+feijão caupi (TÁVORA et al., 1988) foram avaliados através do UET, ou seja, eficiência biológica na produção de grãos.

7.1.2 Razão de área equivalente no tempo

A Razão de Área Equivalente no Tempo é obtida conforme metodologia proposta por HIEBSCH (1978).

$$RAET = \frac{UET_a * t_a}{T_{ab}} + \frac{UET_b * t_b}{T_{ab}}$$

em que Razão de Área Equivalente no Tempo (RAET), t_a representa o número de dias do plantio até a colheita da espécie 'a' e t_b representa o número de dias do plantio até a colheita da espécie 'b'. O T_{ab} representa a duração do sistema de consorciação. Se $RAET > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $RAET=1$ não ocorre vantagem produtiva, se $RAET < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

A razão de área equivalente no tempo (RAET) prover uma avaliação mais realista, pois compara a vantagem produtiva do consórcio em relação à cultura solteira de uma forma mais apropriada que UET, o qual não leva em consideração o tempo necessário que plantas empregadas no sistema de consorciação passam no campo do até colheita. Valores inferiores à unidade para o RAET foram encontrados por SARKAR et al (1998) e EBGE et al., (2010) em sistemas consorciados. Ao passo, que autores como KUMAR, et al., (2010), EBGE & KALU (2009), RAHMAN et al. (2009), JOHN & MINI (2005), QUEIROZ & MARÍN (2003), SINGH & SHAVARAJ (1998), THIAW et al., (1993) e LEIHNER (1983) constataram valores superiores a unidade, sugerindo que ocorreu eficiência agrícola da terra e tempo para o sistema de consorciação em comparação a seu monocultivo.

7.1.3 Média aritmética entre UET+RAET

Mason, Leihner e Vorst (1986) afirmaram que o UET sobrestima e o RAET subestima os recursos do terreno, sugerindo-se que tira média aritmética dos dois índices para a obtenção de um valor mais criterioso.

$$\frac{UET + RAET}{2} = \frac{UET_a + RAET_a}{2} + \frac{UET_b + RAET_b}{2}$$

A interpretação é a mesma dada ao UET e RAET. De acordo com MASON et al., (1986) o UET sobrestima e o RAET subestima os recursos a eficiência de uso da terra sendo, portanto o mais adequado usar a média entre esses índices. MASON et al., (1986) trabalhando com consórcio mandioca + feijão caupi e mandioca + amendoim observaram valores acima da unidade, com eficiência produtiva no uso da terra de 15 a 35% para a média entre UET e RAET. Ao passo que, JANA et al. (2000) constataram vantagem produtiva de 4 a 19 % dos cultivos consorciados em relação aos monocultivos para o milho doce+ feijão comum.

7.1.4 Coeficiente equivalente de terra (CET)

O Coeficiente Equivalente de Terra (CET) é calculado conforme metodologia proposta por ADETILOYE et al., (1983).

$$CET = UET_a * UET_b$$

em que UET_a e UET_b representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. Para duas culturas em mistura o coeficiente produtivo mínimo é 25%, ou seja, apresenta vantagem produtiva quando valor de CET excede 0,25. Alguns autores usaram o CET como índice de avaliação do sistema de consorciação dentre eles, EGBE (2010), EGBE et al., (2010), OKONJI et al. (2007), JOHN & MINI (2005), OLOWE et al., (2006).

7.1.5 Índice de produtividade do sistema (IPS)

O índice de produtividade do sistema (IPS) foi obtida conforme metodologia proposta por ODO (1991).

$$IPS = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_{bb}} * Y_{ba} + Y_{aa} \right)$$

em que Y_{ab} e Y_{ba} representam a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produção do monocultivo. A principal vantagem do SPI é que esse índice uniformiza a produtividade da cultura consorte em termos da cultura principal. OSENI & ALIYU (2010), OSENI (2010), AGEGNEHU et al., (2006 a, b) e ENDONDO & SAMATANA (1999) constataram estabilidade na produtividade nos sistemas de consorciação analisados, ou seja, o IPS foi superior ao monocultivo de seus consortes.

7.2 HABILIDADE COMPETITIVA DAS CULTURAS CONSORCIADAS

A habilidade competitiva dos componentes do sistema de consorciação é avaliada por índices a saber: o Coeficiente de Adensamento Relativo (CAR), Agressividade (A), Razão de Competição (RC), Perda ou Ganho Atual de Rendimento (PGAR).

7.2.1 Coeficiente de adensamento relativo (CAR)

O coeficiente de adensamento relativo (CAR) é obtido conforme metodologia proposta por De WIT (1960).

$$CAR = CAR_{ab} * CAR_{ba} = \left[\frac{(Y_{ab} * Z_{ba})}{(Y_{aa} - Y_{ab}) * Z_{ab}} \right] * \left[\frac{(Y_{ba} * Z_{ab})}{(Y_{bb} - Y_{ba}) * Z_{ba}} \right]$$

em coeficiente de adensamento relativo (CAR), Y_{ab} e Y_{ba} é a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} é produção do monocultivo. Z_{bb} representa proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie 'b', Z_{ba} representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Se $CAR > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $CAR = 1$ não ocorre vantagem produtiva, se $CAR < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

Os coeficientes de adensamento relativo $CAR_{ab} > CAR_{ba}$ sugerem que cultura principal apresenta forte competição interespecífica dominando a cultura consorte no sistema de consorciação. A interpretação dada $CAR_{ba} > CAR_{ab}$ é que cultura consorte utiliza os recursos do ambiente de forma eficiente em relação a cultura principal. A multiplicação dos valores parciais de CAR superiores a unidade foram verificados em sistemas de consorciação entre feijão caupi+ milho (EGBE et al., 2010), sorgo + feijão caupi (OSEN, 2010), milho+feijão comum (YILMAZ et al., 2008), ervilhaca+ trigo ervilhaca+ aveia (DHIMA et al., 2007), *Eragrosti tef* + fava (AGEGNEHU et al., 2006 a, b), mostrada com ervilha, lentilha e grão de bico (BANIK et al., 2000), arroz + feijão mungo verde, arroz + feijão mungo, milho + arroz, milho + gergelim, milho + feijão mungo, gergelim + arroz, gergelim + feijão mungo verde e gergelim+ feijão mungo (SARKAR et al., 1998), trigo com ervilha, lentilha e grão de bico (BANIK, 1996).

7.2.2 Agressividade ("A")

As medições de agressividade na competição interespecífica no consórcio são dadas pela relação de mudanças de produtividade de dois componentes culturais (McGilchrist, 1965; WILLEY, 1979).

$$A_{ab} = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} * Z_{ab}} - \frac{Y_{ba}}{Y_{ba} * Z_{ba}}$$

$$A_{ba} = \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} * Z_{ba}} - \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} * Z_{ab}}$$

em agressividade (A_{ab}), Y_{ab} e Y_{ba} é a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{ba} é produção do monocultivo. O Z_{ab} representa proporção de plantio da

espécie 'a' em mistura com a espécie 'b', Z_{ba} representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Quando A_{ab} é maior que zero, a habilidade da cultura 'a' excede 'b' no consórcio.

A agressividade ("A") é uma importante ferramenta para determinar habilidade de uma cultura associada com outra. A cultura principal dominando os consórcios foram verificados em agroecossistemas do sorgo + caupi (OSENÍ, 2010), milho + feijão comum (YILMAZ et al., 2008), algodão + feijão caupi e algodão + sorgo (AASIM et al., 2008) isso é caracterizado pelo valor positivo do "A". O consórcio dominado pela cultura principal para "A" foram constatadas em soja + sorgo (GHOSH et al., 2006), amendoim + milho, amendoim + sorgo e amendoim + milheto (GHOSH, 2004), canola + trigo, canola + grão de bico, canola + lentilha, canola + linhaça (TAHIR et al., 2003).

7.2.3 Razão de competição (RC)

A razão de competição (RC) é obtida a partir do índice de agressividade de por (WILLEY & RAO, 1980).

$$RC_a = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} * Z_{ab}} \div \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} * Z_{ba}}$$

$$RC_b = \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} * Z_{ba}} \div \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} * Z_{ab}}$$

em agressividade (RC_a), Y_{ab} e Y_{ba} é a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produção do monocultivo, Z_{ab} representa proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie 'b', Z_{ba} representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Este índice indica o número de vezes em que um componente é mais competitivo que outro. Da mesma forma, estima-se RC_b , em outras palavras o efeito da espécie 'b' sobre a espécie 'a'. A interpretação da razão de competição (RC) é dada por: se $RC_a < 1$ existe um benefício positivo e a cultura pode crescer em associação, se $RC_a > 1$ ocorre desvantagem para a cultura, portanto não indica-se o seu cultivo em associação. Essa interpretação é válida também para a espécie 'b'.

A razão de competição (RC) mede o grau que uma cultura compete com a outra, apresentando a base do seu cálculo em função da produtividade da cultura principal e consórcio em associação e isoladas como também o espaço usado no campo de cultivo por ambas. A cultura principal competindo com maior expressão pelos recursos do ambiente foram reportados para a razão de competição em agroecossistemas de mandioca + feijão caupi (MASON & LEIHNER, 1988), sorgo + feijão caupi (OSENÍ, 2010), cevada associada com lentilha, grão de bico, *Trigonella usitatissimum* (L.) e linhaça (WAHLA et al., 2009), algodão + feijão caupi e algodão + sorgo (AASIM et al., 2008), milho + feijão caupi (YILMAZ et al., 2008) e canola + trigo, canola + grão de bico, canola + lentilha, canola + linhaça (TAHIR et al., 2003). A cultura consórcio dominando a principal, sendo mais competitiva no uso dos recursos de produção, a luz, água e nutrientes, a exemplo, tem-se associações entre amendoim + milho, amendoim + sorgo e amendoim + milheto (GHOSH, 2004), soja + sorgo (GHOSH et al., 2006), mamona + feijão caupi, mamona + milho e mamona + sorgo (AZEVEDO et al., 2007 b) e soja + milho (MBAH et al., 2007).

7.2.4 Perda ou ganho atual de rendimento (PGAR)

A perda ou ganho atual de rendimento é obtida conforme metodologia proposta por BANIK (1996) e BANIK & BAGCHI (1996).

$$PGAR = \left[UET_a * \left(\frac{100}{Z_{ab}} \right) - 1 \right] + \left[UET_b * \left(\frac{100}{Z_{ba}} \right) - 1 \right]$$

em que perda atual de rendimento ($PGAR_{ab}$), UET_a e UET_b representam o uso eficiente terra parcial da cultura "a" e "b", Z_{ab} representa proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie 'b', Z_{ba} representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Se $PGAR_{ab} > 0$ indica vantagem acumulada do consórcio em relação ao monocultivo, se $PGAR_{ab} < 0$ indica desvantagem do sistema de consorciação.

A perda ou ganho de rendimento atual relaciona na base do seu cálculo o índice uso eficiente de terra (UET) como também o espaço usado no campo de cultivo na condição de consórcio e monocultivo. A PGAR parcial positiva foi verificada em combinações como milho + feijão comum (YILMAZ et al., 2008), milho + ervilha, milho + lentilha e milho + grão de bico (BANIK & BAGCHI, 1996). A PGAR parcial negativa para a cultura principal no sistema de consorciação foram relatadas em agroecossistemas de algodão + feijão caupi e algodão + sorgo (AASIM et al., 2008). Resultados com $PGAR > 0$ foram constatados por autores como (AASIM et al., 2008; YILMAZ et al., 2008; BANIK & BAGCHI, 1996).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos sistemas de consorciação de plantas ocorre maior estabilidade de produção ao longo dos anos de cultivo; os nutrientes e a água são utilizados com maior eficiência, pois as raízes apresentam comportamento dinâmico no perfil de solo; proporciona também menor incidência de insetos, fungos e nematoides; redução nas perdas de água por evaporação, além de menores perdas de solo por erosão hídrica e eólica. Estes sistemas de cultivo proporcionam para a agricultura familiar uma maior diversificação das colheitas para grãos, raízes e raízes tuberosas, fibras, madeira, frutos e plantas medicinais.

A avaliação dos sistemas de consorciação mediante o uso de índices para mensurar a eficiência biológica e habilidade competitiva, proporciona ao pesquisador da área de fisiologia da produção vegetal, tomar uma decisão mais adequada sobre qual configuração de plantio, época relativa de plantio, densidade de plantio, plantio em série de substituição das culturas componentes ou nível de adubação adotar.

REFERÊNCIAS

AASIM, M.; UMER, E. M.; KARIM, A. Yield and competition indices of intercropping cotton (*Gossypium hirsutum* L.) using different planting patterns, **Tarim Bilimleri Dergisi**, v. 14, n. 4, 326-333, 2008.

ADETILOYE, P.O, EZEDIMA, F. O. C.; OKIGBO, B. N. A land equivalent coefficient (LEC) concept for the evaluation of competitive and productive interactions in simple to complex crop mixtures. **Ecological Modelling**, v.19, n.1, p.27-39, 1983.

AGEGNEHU, G.; GHIZAW, A.; SINEBO, W. Crop productivity and land-use efficiency of a teff/faba bean mixed cropping system in a tropical highland environment. **Experimental Agriculture**, v.42, n.4, p.495-504, 2006 a.

AGEGNEHU, G.; GHIZAW, A.; SINEBO, W. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. **European Journal of Agronomy**, v. 25, n. 3, p. 202 – 207, 2006 b.

ARAÚJO, A. C. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; BRUNO, G. B.; MORAES, M. DOS, S. Cultivares, épocas de plantio e componentes da produção no consórcio de algodão e amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.357–363, 2006.

AROKIARAJ, A; KANNAPPAN, K. Intercropping pearl millet with pigeonpea under rainfed condition. **The Madras Agricultural Journal**, v. 82, n.11, p. 571- 573, 1995.

AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Arranjos de fileiras no consórcio mamoneira com milho no semiárido PARAIBANO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p.91-105, 2007a.

AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Rendimento e eficiência agrônômica do consórcio da mamoneira com cereais e feijão caupi no semiárido NORDESTINO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.11, n.3, p.145-162, 2007 b.

AZEVEDO, D. M. P.; NÓBREGA, L. B.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Manejo cultural. In: **O agronegócio da mamona no Brasil**. AZEVEDO, D. M. e LIMA, E.F. (Ed.). EMBRAPA algodão (Campina Grande – Paraíba) – Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. p. 121-160.

BANIK, P. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 e 2:1 row-replacement series system. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 176, n. 5, p. 289-294, 1996.

BANIK, P.; BAGCHI, D. K. A proposed index for assessment of row replacement intercropping system. **Journal Agronomy and Crop Science**, v.177, n.3, p.161-164, 1996.

BANIK, P.; SASMAL, T.; GHOSAL, P. K.; BAGCHI, D. K. Evaluation of mustard (*Brassica campetris* Var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:2 row replacement series systems. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 185, n. 1, p. 9-14, 2000.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; MARACAJA, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim.

Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa, v.5, n.5, p-67-73, 2010 a.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; OUTO, J. S. Consórcio mamona e amendoim: Opção para a agricultura familiar. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.4, p-222-227, 2010 b.

BEZERRA NETO, F.; TORRES FILHO, J.; HOLANDA, J. S. DE; SANTOS, E. F.; ROSADO, C. A. DE S. Efeito do sistema de cultivo e arranjo especial no consórcio algodão herbáceo + caupi + sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n 5, p. 715-727, 1991.

BHAGAT, S. B.; CHAVAN, S. A.; ZAGADE, M. V.; DAHIPHALE, A. V. Intercropping groundnut and sweet corn at different fertility levels and row proportions. **Indian Journal Crop Science**, v.1, n. 1-2, p.151-153, 2006.

CORRÊA, M. L. P. **Comportamento da mamoneira consorciada com caupi, sorgo e amendoim**. 2005, 84 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistema de monocultivos e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, n.2, p.200-207, 2006.

CRAWLEY, M. J. **Plant ecology**. Blackwell Publishing, 717p, 1997.

DE WIT, C.T. On competition. **Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekigen**, v.66, n.8, p.1-82, 1960.

DHIMA, K. V.; LITHOURGIDS, A. S.; VASALAKOGLU, I. B.; DORDAS, C. A. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. **Field Crops Research**, v. 100, n. 2-3, p. 249-256, 2007.

EGBE, O. M. Effects of plant density of intercropping soybean with tall sorghum on competitive ability of soybean and economic yield at Otobi, Benue State, Nigeria. **Journal of Cereal and Oilseeds**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2010.

EGBE, O. M.; ALIBO, S. E.; NWUEZE, I. Evaluation of some extra-early and early-maturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern Guinea Savana of Nigeria. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v.1, n.5, p.845-858, 2010.

EGBE, O. M.; KALU, B. A. Evaluation of pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] genotypes for intercropping with tall sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in southern guinea savanna of NIGERIA. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v.4, n.4, p.54 -65, 2009.

ENDONDO, C.; SAMATANA, M. Influence de la date du semis niébe sur le rendement du cotonnier dans l' association cotonnier-niéber. **Cahiers Agriculture**, v. 8, n. 3, p. 215-217, 1999.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; FERNANDES, R. P. M.; ARAÚJO, J. K. S. **Fixação biológica do nitrogênio e colonização micorrízica em genótipos de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Cultivados em Solo de Tabuleiros Costeiros**. Aracaju : EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2008, 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / EMBRAPA Tabuleiros Costeiros).

FLESCHE, R.D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.1, p.51-56, 2002.

FRANCIS, C. A.; PRAGER, M.; TEJADA, G. Effects of relative planting dates in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and maize (*Zea mays* L.) intercropping patterns. **Field Crops Research**, v.5, p.45-54, 1982.

GHOSH, P. K. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. **Field Crops Research**, v. 88, n. 2-3, p. 227-237, 2004.

GHOSH, P. K.; MANNA, M. C.; BANDYOPADHYAY, K. K.; AJAYI, TRIPATHI, A. K.; WANJARI, R. H.; HATI, K. M.; MISRA, A. K.; ACHARYA, C. L.; RAO, A. S. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 4, 1097-1108, 2006.

HART, R. D. A bean, corn, and manioc polyculture cropping system. I. The effect of interspecific competition on crop yield. **Turrialba**, v.25, n.3, p. 294-301, 1975.

HIEBSCH, C.K. Comparing intercrops with monoculture. In: **Agronomic economic research on soils of the tropics, Annual Report 1976-1977**. Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, pp. 187-200, 1978.

JANA, A. C.; BARRIGA, B. P.; KRARUP, H. A.; FUENTES, R. P. Eficiencia de la asocion maiz (*Zea mays*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*). **Agro Sur**, v. 28, n.1, p. 71-80, 2000.

JOHN, S. A.; MINI, C. Biological efficiency of intercropping in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), **Journal of Tropical Agriculture**, v.43, n.1-2, p.33-36, 2005.

KUMAR, D. S.; REDDY, D. S.; REDDY, T. Y. Productivity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) based intercropping systems under rainfed conditions. **Current Biotica**, v.3, n.4, p.490-499, 2010.

LEIHNER, D. **Management and evaluation of intercropping systems with cassava**. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 70 p., 1983.

MASON, S. C.; LEIHNER, D. E.; VORST, J. J. Cassava-cowpea and cassava-peanut intercropping. I. Yield and land use efficiency. **Agronomy Journal**, v.78, n. 1, p.43-46, 1986.

MASON, S. C.; LEIHNER, D. E. Yield and land-use efficiency of a cassava/cowpea intercropping system grown at different phosphorus rates. **Field Crops Research**, v.18, n. 4, p.45-54, 1988.

MAURICE, G.; ALBERT, N.; ISIDORE, T.; FRANÇOIS, A. A. Altering the time of intercropping cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) relative to maize (*Zea mays* L.): A food production strategy to increase crop yield attributes in Adamaw-cameroon. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n.5, p. 473-479, 2010.

MBAH, E. U.; MUONEKE, C. O.; OKPARA, D. A. Evaluation of cassava (*Manihot esculenta* (Crantz) planting methods and soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] sowing dates on the yield performance of the component species in cassava/soybean intercrop under the humid tropical lowlands of southeastern Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 42-47, 2008.

MEAD, R.; WILLEY, R. W. The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. **Experimental Agriculture**, v.16, n.3, p.217-228, 1980.

McGilchrist, C. A. Analysis of competition experiments. **Biometrics**, v.21, n.4, p.975-985, 1965.

MORGDO, L. B.; RO, M. R. **Conceitos e métodos experimentais em pesquisas com consorciação de culturas**. Petrolina: EMBRAPA – CPTSA, 1986, 79p. (Documentos 43 / EMBRAPA – CPTSA).

MUINEKE, C. O.; ASIEGBU, J. E.; UDEOGALANYA, A. C. C. Effect of relative sowing time on growth and yield of component crops in okra/maize and okra/cowpea intercropping systems. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 179, n.3, p.179-185, 1997.

NIQUEUX, M. Choix de variétés d'Arachides au Tchad III. Essais de culture associée d'arachides et de sorghos au Tchad. **L'Agronomie Tropicale**, v.14, n. 4, p.501- 502, 1959.

NTARE, B. R.; WILLIAMS, J. H. Response of cowpea cultivars to planting pattern and date of sowing in Intercrops with pearl millet in Niger. **Experimental Agriculture**, v.28, n.1, p.41-48, 1992.

ODO, P.E. Evaluation of Short and Tall Sorghum Varieties in Mixtures with Cowpea in the Sudan Savanna Of Nigeria: Land Equivalent Ratio, Grain Yield and System Productivity Index. **Experimental Agriculture**, v.27, n.4, p. 435-441, 1991.

OKONJI, C. J. ; OKELEYE, K. A.; OLOWE, V. I. O.; AJAYI, E. O. Potentials of intercropping rice (*Oryza sativa* L.) and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) of different morphotypes in the transition zone of South West Nigeria. **International Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 5, p. 476-4482, 2007.

OLASANTAN, F. O. Beneficial chances in environment and growth characteristics intercropping systems with vegetables and arables crops. **Tropical Agricultural Research and Extension**, v. 1, n. 1, p. 12-18, 1998.

OSENI, T. O. Evaluation of sorghum-cowpea intercropping productivity in Savanna Agro-Ecology using competition indices. **Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 3, p.229-233, 2010.

OSENI, T. O.; ALIYU, A. G. Effects of row arrangements on sorghum-cowpea intercrops in the semi arid Savannah of Nigeria. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 12, n.1, p. 137-140, 2010.

LOWE, V. I. O.; AJAYI, J. A.; OGUNBAYO, A. S. Potential of intercropping soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) with sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the transition zone of south west Nigeria. **Tropical Agricultural Research and Extension**, v. 9, p. 91-102, 2006.

PALANIAPPAN, S.P.; SIVARAMAN, K. **Cropping systems in the tropics: principles and management**. New Age International (P) Ltd., 1996, p.211.

PEÑA, J. A.; DOMINGUESZ, P.; AGUDELO, O. Epocas de siembra de girasol intercalado en caña de azucar. **Acta Agronomica**, v. 39, n. 3-4, p. 150-158, 1989.

QUEIROZ, A. I.; MARÍN, D. Rendimiento engranos y eficiência de uma associação maíz (*Zea mays*) y quinchoncho (*Cajanus cajan*) con o sin fertilización. **Bioagro**, v. 15, n. 2, p. 121,128, 2003.

RAHMAN, M. M.; AWAL, M. A.; AMIN, A.; PARVEJ, M. R. Compatibility, growth and production of mustard/lentil intercrops. **International Journal of Botany**, v.5, n.1, p.100-106, 2009.

SARKAR, R. K.; CHAKRABORTY, A.; BALA, B. Effect of alternative cropping system on yield and advantage in direct seeded upland rice áreas in Iidican Sub-Tropics. **Journal Agronomy and Crop Science**, v.180, n.1, p.1-6, 1998.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de. Influência do arranjo de plantas e da época de semeadura sobre características agrônômicas de milho e feijoeiro consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.10, p. 1173-1181, 1993.

SERAN, T. H.; BRINTHA, I. Review on maize based intercropping. **Journal of Agronomy**, v. 9, n.3, p. 135-145, 2010.

SILVA, L. O. E; VIERA, C.; CARDOSO, A. A.; ARAÚJO, G. A. de, A. Cultura associada de feijão e milho. XIII-Retardamento de plantio de uma ou outra das culturas. **Revista Ceres**, v. 48, n. 278, p. 583-592, 2001.

SINGH, M.; SHIVARAJ, B. Intercropping Studies in Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) (Steud. Wats.). **Journal Agronomy and Crop Science**, v.180, n 1, p.23-26, 1998.

TAHIR, M.; MALIK, M. A.; TANVEER, A.; AHMAD, R. Competition functions of different canola-based intercropping systems. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.2, n.1, p. 9-11, 2003.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O.; SILVA, F.P. DA; BARBOSA FILHO, M. Consorciação d mamona com culturas anuais de ciclo curto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 19, n. 2, p. 85-94, 1988.

THANUNATHANM, K.; MALARVIZHI, S.; THIRUPPATHI, M., IMAYAVARAMABAN, V. Economic evaluation of castor-based intercropping systems, **The Madras Agricultural Journal**, v. 95, n. 1-6, p. 38-41. 2008.

THIAW, S.; HALL, A. E.; PARKER, D. R. Varietal intercropping and the yield and stability of cowpea production in semiarid Senegal. **Field Crops Research**, v.33, n.3, p.217-233, 1993.

TRENBATH, B.R. Plant interactions in mixed crop communities. In: PAPENDICK, R.I.; SANCHEZ, P.A.; TRIPLETT, G. B. (Ed.). **Multiple cropping**. Madison: American Society of Agronomy, 1976. p. 129-169. (Special Publication, 27).

VANDERMEER, J. **The ecology of intercropping**. Cambridge University Press, New York. p. 237, 1992.

WAHLA, I. H.; AHMAD, R.; EHSANULAR; AHMAD, A.; JABBAR, ABDUL. Competitive functions of component crops in some barley based intercropping systems. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.11, n.1, p.69-72, 2009.

WILLEY, R.W. Intercropping - its importance and research needs. Part I. Competition and yield advantages. **Field Crop Abstracts**, v.32, p.1-10, 1979.

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. **The Journal of Agricultural Science**, v.79, n.3, p.517-529, 1972.

WILLEY, R.W.; RAO, M.R. A competitive ratio for quantifying completion between intercrops. **Experimental Agriculture**, v.16, n.2, p.117-125, 1980.

YILMAZ, Ş.; ATAK, M.; ERAYMAN, M. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean Region. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 32, n. 2, p. 111-119, 2008.