

ANÁLISE QUANTITATIVA DE CRESCIMENTO EM LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE NA SAVANA DE RORAIMA.

Joaquim Parimé Pereira Lima; Edmilson Evangelista da Silva; Arison José Pereira

Resumo: Objetivou-se descrever o crescimento, a partir da produtividade da matéria seca da parte aérea, do índice de área foliar (IAF), da taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento da cultura (TCC) e da taxa de crescimento relativo (TCR), das leguminosas *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (cv. anão Iapar 43-aratã e cv. IAC fava-larga), *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. na savana de Roraima. Os experimentos foram conduzidos no campo experimental Água Boa da EMBRAPA/RR, em Boa Vista, durante as estações das chuvas (inverno local) dos anos 2014 e 2015. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, aproveitando as parcelas onde uma das estirpes padrão, BR 2003, foi utilizada como inoculante. As coletas das plantas foram realizadas, em intervalos de 7 a 21 dias, entre a data da semeadura e o florescimento, variando o número de coletas de acordo com a espécie, duração de seu ciclo e ano de cultivo. Nas avaliações dos parâmetros fisiológicos, verificou-se que as maiores taxas iniciais de crescimento foram apresentadas pelo feijão-de-porco seguido pela *Crotalaria juncea* e as maiores produtividades de matéria seca, na floração, foram proporcionadas pelo guandu fava-larga e *Crotalaria juncea*, e que as maiores áreas foliares por unidade de área (IAF) foram constatadas para a *Crotalaria spectabilis*.

Palavras-chave: Análise de crescimento, índices fisiológicos, leguminosas herbáceas e arbustivas.

Abstract: Growth rates were studied from the productivity of dry matter, leaf area index (IAF), net assimilation rate (TAL), growth rate of culture (TCC) and relative growth rate of legumes sunnhemp, crotalaria spectabilis, pigeon pea and jack bean in Roraima's savannah. The experiments were conducted in the Água Boa Station (EMBRAPA/RR) in Boa Vista during rainy seasons (local winter) the years 2014 and 2015. The experimental design was a randomized complete block design, taking advantage of the plots where of the standard strains BR2003 was used as standard inoculum. The harvests

were carried out between 7 to 21 days after sowing - DAS until early flowering, varying the number of collections according to the species, length of your cycle and year of crop. Physiological index that higher initial rates of growth were presented by sunnhemp followed by *crotalaria spectabilis* and the highest productivity of dry matter at flowering were provided by pigeon pea fava-larga and sunnhemp, and that the largest leaf areas per unit area (PUA) were checked for *crotalaria spectabilis* in both crops.

Keywords: Growth analysis, physiological indices, herbaceous and shrubby legumes.

Introdução

A análise quantitativa de crescimento vegetal tem sido utilizada por pesquisadores de plantas, na tentativa de explicar diferenças no crescimento, de ordem genética ou resultante de modificações no ambiente (PEIXOTO *et al.*, 2011). Esta análise é uma aproximação explicativa, integrativa e holística para interpretar a forma e a utilidade da planta (HUNT *et al.*, 2002), revestindo-se no primeiro passo na análise da produção das culturas e requer informação que pode ser obtida sem a necessidade de laboratório ou equipamento sofisticado (MACHADO *et al.*, 1982).

Essas informações necessárias na utilização desse material de análise são a massa da matéria seca e a área foliar respectiva da planta a ser utilizada, em uma sequência de coletas a certos intervalos de tempo regulares durante a estação de crescimento da cultura (LUCCHESI, 1984; MACHADO *et al.*, 1982). As variações da quantidade de fitomassa seca e de área foliar ao longo do tempo são utilizadas na estimativa de vários índices fisiológicos, tais como: taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento da cultura (TCC), índice de área foliar (IAF), dentre outros (MACHADO *et al.*, 1982).

A análise de crescimento permite avaliar o crescimento da planta como um todo e a contribuição dos diversos órgãos no crescimento total. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir a atividade fisiológica, ou seja, estimar com bastante precisão as causas das variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em ambientes diversos (PEIXOTO, 2011). Para avaliar os efeitos dos sistemas de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com um simples registro de rendimento (URCHEI *et al.*, 2000).

Nesse sentido, Santos e Costa (1997), avaliaram a adaptação ecológica

e os efeitos de diferentes espaçamentos e densidade de semeadura, com ou sem irrigação suplementar, sobre o crescimento de duas cultivares de arroz em diferentes sistemas de manejo. COSTA *et al.* (2012) em condições edafoclimáticas similares à do presente estudo, na savana do estado de Roraima, avaliaram diferentes índices fisiológicos, como efeito e respostas da rebrota do capim nativo *Trachypogon vestitus* submetido à queima. Oliveira *et al.* (2006) verificaram a promissora associação de inhame entre aleias de guandu em sistema orgânico, obtendo respostas positivas no crescimento e produtividade dessa cultura. Pereira (2007) a partir das análises de parâmetros fisiológicos como IAF, TCC, TAL avaliou as características agrônômicas de cinco espécies de *Crotalaria L.* em diferentes locais e épocas.

Esses autores objetivaram, a partir da análise quantitativa de crescimento de plantas, avaliar e conhecer os efeitos e respostas retratados em índices fisiológicos e acúmulo de fitomassa dos diversos tratamentos e sistemas de manejo empregados nas suas pesquisas. Os índices envolvidos, determinados na análise de crescimento, indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar matéria orgânica nos diversos órgãos que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados desde os locais de fixação de carbono aos pontos de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos (FONTES *et al.*, 2005).

Machado *et al.* (1982) enfatizam que a produção econômica de uma cultivar é o somatório de todas as interações planta-ambiente, entretanto, pretendermos compreender em certa medida a natureza dos controles intrínsecos da cultivar, necessita-se de medidas mais detalhadas que apenas a produção final. Enfatizam esses autores que o conhecimento das diversas fases do ciclo de uma planta cultivada é fundamental para o desenvolvimento e teste de modelo de simulação de crescimento e produção de uma cultura.

No mesmo sentido Lima *et al.* (2005) informam que crescimento e o rendimento final de uma cultivar ou outro material genético é resultado de suas interações com o ambiente, e para se compreender alguns aspectos da natureza dos controles intrínsecos de cada material, necessita-se do estabelecimento de índices mais detalhados que permitam uma melhor compreensão dessas interações, através da análise quantitativa de crescimento. Esses autores assinalam que essas análises possibilitam identificar características, ainda no crescimento inicial das plantas, que projetem aumento no rendimento da planta adulta, auxiliando os trabalhos de melhoramento genético na busca por materiais mais produtivos.

Das diversas leguminosas anuais e semiperenes à disposição para serem aproveitadas como plantas de cobertura, adubação verde e outras utilidades, destacam-se as crotalárias, entre elas a *Crotalaria juncea* L., a *Crotalaria spectabilis* Roth; o guandu, *Cajanus cajan* (L.) Millsp, cultivares IAC favalarga e anão IAPAR-43-Aratã; e o feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (L.) D.C., sendo que para todas elas são escassos ou mesmo inexistentes os estudos acerca de suas taxas de crescimento nas condições da savana de Roraima.

Na busca de conhecer parte dessas interações entre material genético (espécies e cultivares) e o ambiente (ecossistemas) e mediante a grande diversidade climática e de solos nos agroecossistemas do Brasil, há a necessidade de se selecionar espécies e cultivares de leguminosas para os mais diversos propósitos (plantas de cobertura, forrageiras, adubos verdes, graníferas, quebra ventos, etc.), nas condições ambientais de savana/lavrado do estado de Roraima, assim como para outros ecossistemas da região.

Para tanto a simples mensuração de rendimento não é suficiente para se conhecer as espécies mais promissoras às condições locais. Imperativo se faz conhecer índices fisiológicos obtidos a partir da análise quantitativa de crescimento de vegetais, que constitui o primeiro passo para a avaliação inicial de um material em um novo ambiente.

Face ao exposto, com o presente trabalho objetivou-se caracterizar, por meio da análise funcional de crescimento, os índices ou parâmetros fisiológicos de leguminosas herbáceas e arbustivas nas condições edafoclimáticas da savana de Roraima.

Material e métodos

Localização e caracterização climática e de solos da área experimental.

Foram aproveitadas as parcelas cujas sementes foram inoculadas com a estirpe referência – ou estirpe controle BR 2003 (SEMIA 6156) – para os experimentos implantados para caracterização de fixação biológica de nitrogênio – FBN e produção de fitomassa seca aérea, nos anos 2014 e 2015. Esses ensaios foram implantados em áreas diferentes, no Campo Experimental Água Boa do Centro de Pesquisa Agroflorestal de Roraima – EMBRAPA/RR, no município de Boa Vista – RR, em dois períodos de chuvas, sendo o primeiro cultivado entre junho e outubro de 2014, e o segundo entre junho e setembro de 2015. As espécies cultivadas foram plantadas no mês de junho de

2014 e em junho de 2015.

O campo experimental Água Boa, da Embrapa Roraima, onde foram implantados os experimentos, tem a seguinte localização geográfica: 60° 39' 38" W e 02° 15' 00" N, numa cota média de 90 metros de altitude, em região de domínio de cerrado/savanas, caracterizado como savana gramínea, localmente denominado de Lavrado, com predomínio no estrato herbáceo da poácea (*Trachypogon plumosus*), emergindo caimbés (*Curatella americana muricis/mirixis* (*Crassifolia* spp)), onde se destaca a ocorrência de *Mauritia flexuosa* ou buriti (SILVA, 1997).

De acordo com a classificação Climática de Köppen (BRASIL, 1975), o clima da região é do tipo AW, tropical chuvoso, quente e úmido, com estação seca bem definida, que na localidade prolonga-se de setembro a março, ocorrendo nos meses de janeiro, fevereiro e março os maiores déficits hídricos. A estação das águas tem início em abril/maio e estende-se até agosto/setembro, com maiores concentrações pluviométricas nos meses de maio, junho e julho, com precipitação média anual de 1600 mm (BARBOSA, 1997), com distribuição de chuvas conforme apresentado na Figura 1.

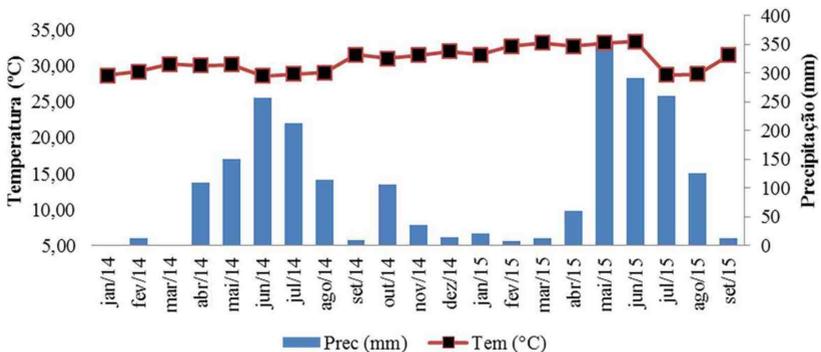


Figura 1. Temperatura média mensal do ar (°C) e precipitação pluviométrica em milímetros (mm), nas estações chuvosas durante os períodos de cultivo nos anos 2014 e 2015. (Fonte: estação climatológica campo Água Boa, EMBRAPA/RR).

A área experimental não havia passado por nenhum tipo de cultivo ou correções em anos anteriores, sendo uma área de pastagem nativa, com predomínio das poáceas *Tachypogon plumosus* e *Tachypogon vestitus*.

Caracterização do experimento e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, aproveitando-se um ensaio para avaliação da fixação biológica de nitrogênio - FBN, sendo que foram utilizadas para as análises quantitativas de crescimento e índices fisiológicos as parcelas cujas sementes foram inoculadas com a estirpe controle BR 2003 (SEMIA 6156), pois foi a única utilizada como referência em todas as espécies e cultivares testadas. As espécies cultivadas para avaliação de índices fisiológicos de crescimento foram: *Crotalaria juncea* L., a *Crotalaria spectabilis* Roth; o guandu, *Cajanus cajan* (L.) Mill sp, cultivares IAC fava-larga e anão IAPAR-43-Aratã; e o feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (L.) D.C.

Cada parcela experimental possuía área total de 24 m², com oito linhas de plantio de 6,0 metros de comprimento, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas ou sulcos. A área útil foi composta pelas 6 linhas centrais, sendo que a segunda e a sétima linha foram utilizadas para coleta de amostras para avaliação de crescimento. Uma linha de plantio em cada extremidade, ou seja, a primeira e a oitava linha e 0,5 metros das cabeceiras da segunda e sétima linha foram utilizados como bordadura.

A semeadura foi realizada após preparo convencional do solo com utilização de grade aradora e niveladora e demarcação dos sulcos. A adubação corretiva com potássio (K) foi constituída de 200 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (50% no preparo do solo e 50% no plantio) e a correção de fósforo (P) ou fosfatagem foi feita com 180 kg de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (50% durante o preparo do solo e 50% no ato do plantio).

Os inoculantes foram fornecidos pela Embrapa Agrobiologia, e fazem parte da coleção de bactérias diazotróficas daquele centro de pesquisa. As sementes das cinco espécies e cultivares que foram testadas, constantes na Tabela 1, receberam os inóculos de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* no dia do plantio, na proporção de 1 (um) grama do inoculante, em veículo turfoso, por 50 kg de sementes, que foram umedecidas com água potável adicionada de 10% de açúcar cristal, objetivando a fixação dos inoculantes às sementes.

O estande adotado, com todas as espécies plantadas com espaçamento de 0,5 m entre linhas, foi o seguinte: *Crotalaria juncea* semeada com 25 sementes por metro, resultando em 500.000 plantas ha⁻¹; *Crotalaria*

spectabilis semeada com 35 sementes metro linear e estande de 700.000 ha⁻¹; feijão-de-porco semeado com 5 sementes por metro linear, resultando em estande de 100.000 plantas por hectare⁻¹; guandu cv. IAPAR-43 Aratã (anão) e cv. IAC fava-larga com 20 sementes por metro linear, estande de 400.000 plantas ha⁻¹.

Avaliação da análise quantitativa de crescimento

Para obter os dados necessários à análise de crescimento vegetativo e índices fisiológicos foram coletadas amostras de plantas da unidade experimental ou parcela em coletas realizadas em intervalos de 7 a 21 dias, entre a data da semeadura e o florescimento ou o começo da senescência das folhas, que coincidiu com o início do período seco, no caso de espécies que não apresentaram floração suficiente ou uniforme para indicar 50% das flores abertas, caso do guandu fava-larga. O número de coletas variou de acordo com o ciclo da espécie e com o ano de cultivo conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Ano de cultivo, número de coletas e de dias das coletas após a semeadura (DAS) para as culturas guandu-anão, guandu fava-larga, feijão-de-porco, crotalária-júncea e crotalária *spectabilis*.

Espécie	Ano	Nº de coletas/amostras	Dias após a semeadura
Guandu-anão	2014	07	21, 34, 47, 55, 63, 69 e 77
	2015	07	10, 21, 33, 49, 56, 63 e 83
Guandu Fava-larga *	2014	08	21, 34, 47, 55, 63, 69, 81 e 99
	2015	08	15, 22, 30, 37, 50, 57, 66 e 84
Feijão-de-porco	2014	07	13, 27, 42, 48, 54, 66, 78
	2015	06	12, 19, 32, 41, 48 e 55
Crotalária júncea	2014	07	14, 28, 42, 55, 63, 69 e 85
	2015	07	09, 15, 23, 31, 43, 50 e 62
Crotalária <i>spectabilis</i>	2014	06	14, 28, 42, 55, 63 e 69
	2015	06	13, 20, 30, 42, 49 e 56

*O guandu cv. fava-larga apresentou floração desuniforme, assim esse aspecto fenológico não serviu de parâmetro para a coleta final da espécie. Adotou-se como balizamento para a coleta final o lançamento dos botões florais e das primeiras flores, e o início da senescência e morte das folhas baixas, nos primeiros meses do período seco.

A coleta das plantas deu-se da seguinte forma: uma amostra de plantas foi coletada em um metro linear, na segunda ou sétima fila, respeitando-se 0,5 metros nas extremidades das referidas filas como bordadura. Com esta dimensão de amostra foi possível realizar até 09 coletas por espécie.

No momento da coleta das plantas, separaram-se as raízes da parte

aérea, que em seguida foram pesadas em laboratório para obter-se a massa fresca dessas partes. Em seguida foram separadas as folhas dos caules e ramos e realizada a determinação da área foliar em cm^2 . O equipamento integrador utilizado foi o modelo LI-3100 “Area Meter” - Li-Cor (LICOR, 1996). Os componentes das plantas foram embalados separadamente em raízes e parte aérea, acondicionados em sacos de papel, e em seguida colocados para secagem em estufa de circulação forçada, a $65\text{ }^\circ\text{C}$, até atingirem massa constante. Após a secagem obteve-se a massa de matéria seca em cada uma das idades de coleta após a semeadura.

Conhecida a área foliar e a quantidade de fitomassa seca da parte aérea, foram determinados os seguintes índices fisiológicos: i) Índice de Área Foliar (IAF), que é resultado da razão simples entre a área foliar e a superfície do solo ou terreno ocupado pelas plantas, expresso em número puro ou adimensional em $\text{m}^{-2}\text{ m}^{-2}$; ii) Taxa de Crescimento da Cultura (TCC), que representa a quantidade total de matéria seca acumulada, por unidade de área de solo ou substrato, em um determinado tempo, expresso em $\text{g m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, é dada pela derivada da massa seca total em relação ao tempo; iii) Taxa de Assimilação Líquida (TAL), também denominada de Taxa de Assimilação Aparente (TAA), que é o acúmulo na matéria seca por unidade de área foliar da planta, por determinado intervalo de tempo, ou seja, o ganho de fitomassa por unidade de material assimilatório (área foliar), em síntese, o resultado do balanço entre a matéria seca produzida pela fotossíntese e aquela perdida através da respiração. É determinado pela razão entre o TCC e o IAF, expressa em $\text{g m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$; iv) taxa de crescimento relativo (TCR) que expressa o incremento na massa da matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo, expressa em $\text{g g}^{-1}\text{ dia}^{-1}$ (HUNT, 1982; MACHADO *et al.*, 1982; LUCCHESI, 1984; SILVA, 2000; PEIXOTO, 2011).

Os dados gerados de área foliar e massa seca da parte aérea foram submetidos a testes para verificação da homogeneidade das variâncias entre as diversas coletas, empregando-se o teste de Bartlett (programa SAEG 9.0, Universidade Federal de Viçosa). Posteriormente, procedeu-se à transformação dos dados em logaritmo natural. Foram testadas quatro funções de crescimento para ajuste dos dados (Gompertz, Logística, Exponencial polinomial quadrático e Exponencial polinomial cúbico). Entre as funções de crescimento testadas para ajuste dos dados no tempo, os modelos de Gompertz [$Y = A \times e^{-(B \times e^{-(C \times \text{DAS})})}$], para produção de matéria seca da parte aérea e Exponencial polinomial quadrático [$Y = e^{(A + B \times \text{DAS} + C \times \text{DAS}^2)}$] para o IAF foram aqueles que melhor representam a distribuição dos dados observados, com base nas maiores significâncias dos coeficientes e das funções.

Resultados e discussão

A produtividade da matéria seca da parte aérea foi influenciada pelos fatores ambientais dos anos de cultivo e pelas características genotípicas das espécies cultivadas, cujos resultados estão apresentados na Figura 2. O acúmulo de fitomassa seca área ao longo do tempo, nos anos 2014 e 2015, pode ser calculado a partir dos parâmetros constantes nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2. Parâmetros estimados a partir da função de Gompertz, para acumulação de fitomassa aérea de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura - DAS, ano 2014.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz ¹			R ²
	A	B	C	
Crotalária juncea	1183,67977**	9,35323**	0,03273**	0,999
Crotalária spectabilis	1115,33204**	10,50748**	0,03151**	0,994
Feijão-de-porco	1341,71689**	5,87872**	0,01516**	0,981
Guandu-anão	19818,099**	12,30319**	0,01422**	0,998
Guandu fava-larga	10651,00574**	11,24898**	0,01422**	0,986

¹Fitomassa = $A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$.**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "t" de student.

Tabela 3. Parâmetros estimados a partir da função de Gompertz, para acumulação de fitomassa aérea de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura - DAS, ano 2015.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz ¹			R ²
	A	B	C	
Crotalária juncea	465,81657**	6,26182**	0,03066**	0,976
Crotalária spectabilis	1074,52379**	10,48573**	0,03448**	0,995
Feijão-de-porco	467,44862**	4,92861**	0,02405**	0,978
Guandu-anão	1723,420**	8,56815**	0,02050**	0,994
Guandu fava-larga	679,04702**	8,09828**	0,03025**	0,978

¹Fitomassa = $A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$.**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "t" de student.

As curvas ajustadas para a produtividade de matéria seca da parte aérea descrevem adequadamente a variação no tempo do crescimento das espécies nos anos de 2014 e 2015. As acumulações de massa seca aérea das espécies avaliadas começam a se diferenciar nitidamente a partir dos 30 dias após a

semeadura (DAS), conforme Figura 2, momento em que o feijão-de porco apresenta os maiores acúmulos de massa, situação que não perdura por todo o ciclo da cultura.

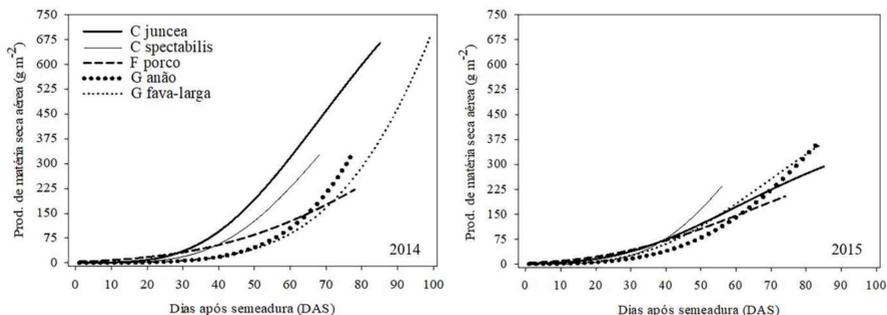


Figura 2. Produtividade de matéria seca aérea de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ajustados ao modelo de crescimento de Gompertz. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAP/RR, anos 2014 e 2015.

O guandu-anão juntamente com o guandu fava-larga foram as culturas que apresentaram o menor acúmulo inicial de massa seca da parte aérea, apresentando desempenhos similares até os 35 e 45 dias, para os anos de 2014 e 2015, respectivamente (Figura 2). Calvo *et al.* (2010), em estudo avaliando a produtividade de fitomassa, o acúmulo de nitrogênio - N e relação carbono/nitrogênio - C/N de cultivo solteiro e consórcio guandu-anão, milho e sorgo, relatam que o guandu-anão apresenta crescimento inicial lento e que em condições de consórcio com espécies de alta capacidade de cobertura do solo, dependendo das condições edafoclimáticas, provavelmente seria dominado.

A *Crotalaria juncea* apresentou rápido crescimento, cobertura do solo e acúmulo de massa seca a partir dos 30 e 40 dias nos anos de 2014 e 2015, conforme Figura 2. Pereira (2007), trabalhando com análise de crescimento em cinco espécies de *Crotalaria L.*, dentre elas as espécies *C. juncea* e *C. spectabilis* relata um rápido acúmulo de massa seca aérea e capacidade de cobertura do solo da crotalaria júncea em relação às demais espécies estudadas, corroborando com os dados observados no ano de 2014 do presente estudo (Figura 2). Os maiores acúmulos de massa seca ao fim do ciclo vegetativo foram o guandu fava-larga e *Crotalaria juncea* em 2014 e guandu-anão e fava-larga em 2015 (Figura 2).

Para o índice de área foliar (IAF), as equações exponenciais polinomiais de 2º grau, ajustadas para os dados desse parâmetro, descrevem adequadamente sua variação no tempo, conforme as Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Parâmetros estimados a partir da função exponencial polinomial de 2º grau, para índice de área foliar de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ano 2014.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz ¹			R ²
	A	B	C	
Crotalária juncea	-5,05549**	0,175393**	-0,00126995**	0,979
Crotalária spectabilis	-6,33832**	0,212276**	-0,00146955**	0,982
Feijão-de-porco	-2,63548**	0,0634587**	0,00027756**	0,956
Guandu-anão	-6,01597**	0,137014**	0,00067216**	0,998
Guandu fava-larga	-6,05809**	0,143432**	-0,00070957**	0,954

¹Fitomassa: $A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.

Tabela 5. Parâmetros estimados a partir da função exponencial polinomial de 2º grau, para índice de área foliar de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ano 2015.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz ¹			R ²
	A	B	C	
Crotalária juncea	-4,51175**	0,161963**	-0,00125262**	0,978
Crotalária spectabilis	-6,30503**	0,222539**	-0,00156708**	0,996
Feijão-de-porco	-2,40479**	-0,0653935**	-0,00030338**	0,991
Guandu-anão	-4,03853**	0,0796458**	-0,00024266**	0,791
Guandu fava-larga	-5,54715**	0,160685**	-0,00100176**	0,985

¹Fitomassa: $A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.

As cinco espécies apresentaram comportamentos distintos no IAF a partir dos 50 dias nos anos 2014 e 2015, onde verificou-se que a *C. spectabilis* apresentou maior valor de área foliar em relação às demais espécies. As maiores expansões dos tecidos foliares da *Crotalaria spectabilis* foram verificadas aos 69 e 56 dias, nos anos de 2014 e 2015 respectivamente, conforme a Figura 3.

Tais observações são corroboradas por Pereira (2007), que avaliando por dois anos cinco espécies de crotalária, encontrou altos valores de índice de área foliar (IAF) para a *Crotalaria spectabilis*, superando as demais espécies. Vale ressaltar que os IAF's relatados por esse autor, com máxima expansão foliar verificada para a *C. spectabilis*, que apresentou 21,7 m² m⁻², aos 132 DAS, são bem maiores que os verificados neste ensaio, que atingiu 3,7 m² m⁻² no ano de 2014, conforme Figura 3. Os dados de Pereira (2007)

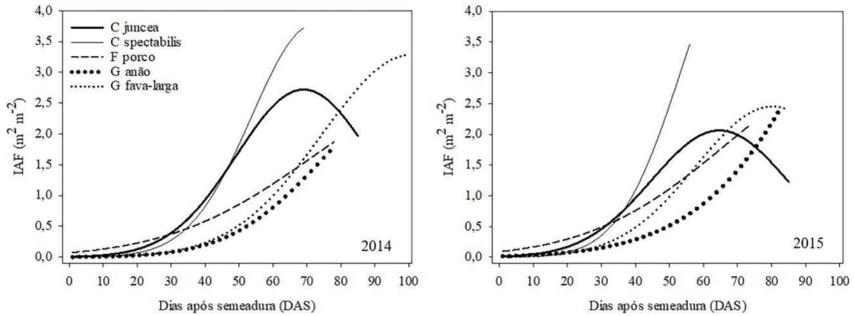


Figura 3. Índice de área foliar de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ajustado ao modelo de crescimento exponencial polinomial de 2º grau. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.

apontam a completa cobertura do solo pela *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis* aos 45 e 62 dias respectivamente, revelando capacidade dessas espécies quanto à competição com a vegetação espontânea em sua fase inicial de crescimento.

Verificou-se nos dois anos de cultivo que a *Crotalaria juncea* apresentou comportamento similar, revelando uma inflexão na sua curva de IAF (Figura 3), possivelmente relacionado à floração da espécie que converte os meristemas apicais em botões florais, e à senescência e queda das folhas mais baixas, resultante da diminuição das chuvas na 2ª quinzena de agosto, nos dois anos de ensaio.

Inflexões nas curvas do IAF, apontando expansão foliar máxima, foram observadas por Pereira (2007) no período que antecedeu a floração em cinco espécies de *Crotalaria L.* e, por Urchei *et al.* (2000) no estágio do florescimento para duas espécies de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) sob irrigação, manejados em sistemas de plantio convencional e direto, assim como por Geraldo *et al.* (2000), para cultivares brasileiras e africanas da poácea milheto (*Pennisetum glaucum*), que apresentaram o máximo de expansão foliar durante a floração.

O feijão-de-porco apresentou rápida expansão foliar até os 25 dias, superior às demais leguminosas nos dois anos de cultivo, conforme a Figura 3, o que vem corroborar com o observado no trabalho de Melo Filho (2001), onde essa espécie foi mais eficiente que a *Crotalaria spectabilis* e guandu preto no percentual de cobertura do solo desde a fase inicial até o final de seu desenvolvimento. Resultado similar foi verificado no trabalho de Missio *et al.* (2004), onde o feijão-de-porco obteve maior velocidade e percentual de

cobertura de solo e controle de plantas daninhas durante todo o ciclo em relação à *Crotalaria juncea*, guandu-anão e mucuna anã. Nesse sentido, Alvarenga *et al.* (2001), ressaltam que quanto mais rápido o estabelecimento de uma leguminosa, maior os benefícios advindos da cobertura do solo e na supressão de ervas daninhas.

Ao avaliar as taxas de assimilação líquida (TAL), ou taxa de assimilação aparente (TAA) das cinco espécies, observa-se aumento da matéria seca por unidade de material assimilatório ou área foliar, e infere-se, conforme Figura 4, que a *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis* no ano de 2014 apresentaram comportamento das curvas similar. Já o feijão de porco e o guandu fava-larga apresentaram similaridade nas curvas de balanço entre fotossíntese e respiração semelhantes (Figura 4), destacando que, diferente de outras culturas, a fotossíntese líquida do guandu-anão foi crescente ao longo do ciclo. As maiores TAL foram observadas para a *C. juncea*, com $11,40 \text{ gm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ aos 21 dias em 2014, e para o guandu fava-larga, com $17,87 \text{ gm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ aos 14 dias no ano de 2015. Esse comportamento revela a elevada capacidade das folhas em plantas jovens realizarem fotossíntese nessas espécies.

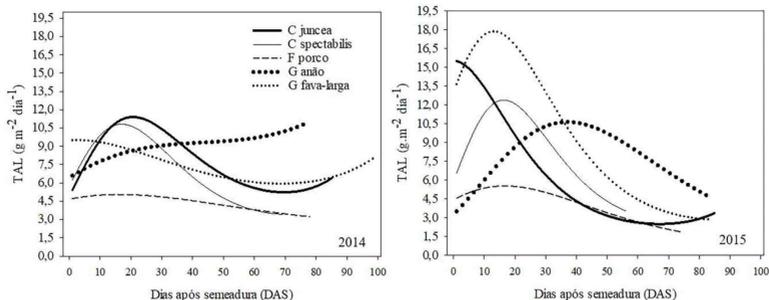


Figura 4. Taxa de assimilação líquida de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após o plantio. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.

No ano de 2015 as curvas da TAL foram similares para a maioria das culturas, exceto a *Crotalaria juncea* que apresentou balanço positivo entre fotossíntese e respiração superior às demais espécies no início de seu ciclo, possivelmente devido a seu rápido crescimento inicial, diminuindo em seguida ao longo do ciclo da planta (Figura 4). No trabalho realizado por Urchei *et al.* (2000), no qual se avaliou índices fisiológicos para duas cultivares de feijão comum, são apresentadas curvas de TAL semelhante ao comportamento verificado pela *Crotalaria juncea* no ano de 2015, ou seja, uma alta taxa assimilatória no início do ciclo, e diminuição desse índice ao longo do ciclo.

Quanto às curvas da taxa de crescimento da cultura (TCC), que representa a capacidade de produção de matéria seca em função do tempo, para as diferentes leguminosas, observa-se que inicialmente a TCC foi baixa para todas as espécies. Houve tendência semelhante entre as espécies de leguminosas, verificando-se aumento gradual da TCC, à medida que as culturas se desenvolveram no ano de 2014, exceção da *Crotalaria juncea* que apresentou um pico, para, depois ligeiramente decrescer (Figura 5).

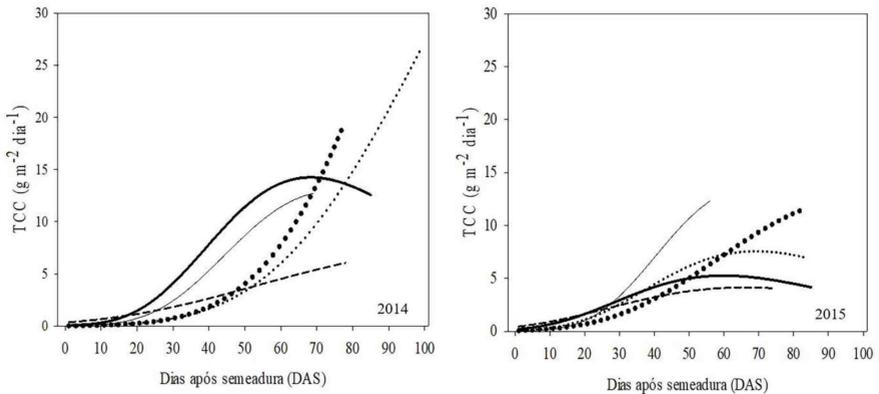


Figura 5. Taxa de crescimento da cultura (TCC) de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.

Vale ressaltar que as coletas para determinação dos índices fisiológicos, em função do comprimento das linhas de plantio destinadas à avaliação desses parâmetros, se deram basicamente até o período que antecedeu a floração, por isso verifica-se no caso da TCC do ano de 2014 um comportamento crescente, diferente do observado em 2015 onde a *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis* e guandu fava-larga apresentaram ligeiras inflexões em suas curvas de TCC.

A maior TCC observada foi de 25,58 g m⁻² dia⁻¹ aos 99 DAS para o guandu fava-larga em 2014. A *Crotalaria spectabilis* apresentou a maior pico entre as espécies com 12,31 g m⁻² dia⁻¹ aos 56 dias no ano de 2015. Observa-se que as curvas do TCC são similares às curvas ajustadas para o IAF, verificadas na Figura 3. Também apresentam alguma semelhança com a produção de matéria seca na parte aérea, como pode ser observado na Figura 2.

O feijão-de-porco, a *Crotalaria juncea* e a *Crotalaria spectabilis* apresentaram estabelecimento mais rápido que as demais culturas até

aproximadamente 30 dias após a semeadura (Figura 5), embora o feijão-de-porco tenha apresentado as menores produções de matéria seca por unidade de área ao final de seu ciclo nos dois anos de cultivo. As taxas de crescimento da cultura (TCC), no início do ciclo do guandu fava-larga e guandu-anão, foram as mais lentas entre as espécies avaliadas, conforme figura 5, e estas apresentaram desenvolvimento mais acentuado a partir dos 40 a 50 dias até o final do ciclo.

Essa característica possibilita que o guandu seja utilizado como componente de sistemas de produção, onde sirvam de aleias e/ou faixas de sombreamento, e, ao mesmo tempo, como fonte de N (nitrogênio) e outros elementos às culturas principais, conforme relatado por Alves *et al.* (2004), que utilizaram essa leguminosa em sistema de consórcio (faixas/aleias) na produção orgânica de beterraba, cenoura e feijão-vagem, e, por Oliveira *et al.* (2006), que a utilizaram para promover o crescimento e o desenvolvimento e a diminuição da “queima” das folhas do inhame (*Colocasia esculenta* L.), em sistema orgânico de produção.

Alvarez *et al.* (2012), avaliando diversos índices fisiológicos para três cultivares de arroz, discutiram a TCC para essa cultura, apresentando curvas de produção de matéria seca bastante semelhantes para as cultivares avaliadas, guardando alguma semelhança com as curvas do feijão-de-porco e guandu fava-larga (ano 2014) e da *Crotalaria juncea* (anos 2014 e 2015).

Os resultados das curvas de TCC ao longo do tempo de crescimento, relatados por Pereira (2007), destacam a *Crotalaria juncea* como espécie que apresentou o estabelecimento mais rápido, com menor tempo para atingir a maior TCC e maior acumulação de matéria seca desde o início do ciclo, o que a torna promissora para áreas onde existem plantas invasoras ou susceptíveis à erosão, principalmente cultivada em alta densidade de plantio.

Quanto à taxa de crescimento relativo (TCR), observado nas leguminosas, que expressa o incremento de massa seca em relação à biomassa pré-existente, observou-se declínio sistemático na acumulação de matéria seca ao longo de todo o ciclo de todas as culturas chegando próximo de zero (Figura 6). A *Crotalaria spectabilis* apresentou as maiores taxas de crescimento relativo nos dois anos de cultivo, indicando a maior conversão de matéria seca para essa leguminosa, conforme Figura 6. Por outro lado, o feijão-de-porco apresentou as menores taxas nos dois anos de condução do ensaio.

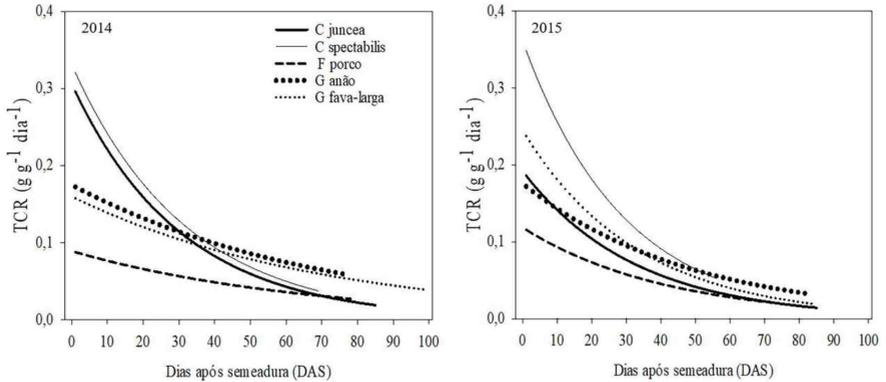


Figura 6. Taxa de crescimento relativo (TCR) de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.

A diminuição contínua da TCR, segundo Urchei *et al.* (2000), pode ser explicada pela elevação da atividade respiratória e pelo auto-sombreamento ao longo do desenvolvimento fenológico das plantas, cuja importância aumenta com a idade da planta.

Essas reduções constantes nas taxas de crescimento relativo também foram observadas por Falqueto *et al.* (2009) ao longo do desenvolvimento fenológico em cultivares de arroz; Urchei *et al.* (2000) em feijão-comum; Alvarez *et al.* (2012) em trabalho com análise de crescimento e produtividades de cultivares de arroz; e Costa *et al.* (2012) em ensaio com pastagem nativa, na poácea *Trachypogon vestitus*, em regime de queima na savana de Roraima.

Considerações finais

As maiores produtividades de matéria seca da parte aérea foram proporcionadas pelo guandu fava-larga, *Crotalaria juncea* e guandu-anão.

As maiores taxas de crescimento da cultura (TCC) foram apresentadas pelo feijão-de-porco e *Crotalaria juncea* no início de seus ciclos, e, na fase final do crescimento vegetativo, os maiores incrementos foram verificados no guandu fava-larga e no guandu-anão.

Os maiores índices de área foliar (IAF) encontrados foram verificados na *Crotalaria spectabilis*, nos dois anos de cultivo.

As maiores taxas de crescimento relativo (TCR) foram proporcionadas pela *Crotalaria spectabilis* nos dois anos de cultivo.

Referências Bibliográficas

- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas para cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.
- ALVAREZ, R. DE C.F.; CRUSCIOL, C.A.C. NASCENTE, A.S. Análise de crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas dos tipos tradicional, intermediário e moderno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 397-406, out./dez. 2012.
- ALVES, S.M.C.; ABOUD, A.C. de S.; RIBEIRO, R. de L.D.; ALMEIDA, D.L. de. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1111-1117, novembro 2004.
- BARBOSA, R.I. Distribuição das chuvas em Roraima. 1997. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p. 325-335.
- BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. 1975. – **Levantamento dos Recursos Naturais** (Vol. 8). MME/Departamento Nacional de Produção Mineral.
- CALVO, C.L.; FOLONI, J.S.S.; BRANCALIÃO, S.R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n.1, p.77-86, 2010.
- COSTA, N. L.; GIANLUPPI, V.; MORAES, ANIBAL de. Morfogênese de *Trachypogon vestitus* submetido à queima, durante o período seco, nos cerrados de Roraima. **Ciência animal brasileira**. Goiânia, v. 13, n.1, p.41-48, jan./mar. 2012.
- FALQUETO, R.A.; CASSOL, D.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M.; OLIVEIRA, A.C.; BACARIN, M.A. Participação de assimilados e de cultivares de arroz no potencial de produtividade de grãos. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p. 453-461, 2009.
- FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de matéria seca de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, jan./mar. 2005.
- GERALDO, J.; ROSSIELLO, R.O.P.; ARAÚJO, A.P.; PIMENTEL, CARLOS. Diferença em crescimento e produção de grão entre quatro

cultivares de milheto pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 37, p. 1367-1376, jul. 2000.

HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London: Edward Arnold, 1982, 248 p.

HUNT, R.; CAUSTON, D.R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, A.P. A modern tool of classical growth plant analysis. **Annals of botany**, v. 90, edição 4, p. 485-488, 2002.

LI-COR. **LI 3100 area meter instruction manual**. Lincoln: LICOR, 1996. 34p.

LIMA, A.S. *et al.* Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1095-1104, 2005.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise quantitativa do crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz. Piracicaba”**. 1984. V. XLI. P. 180-202.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; DAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; SILVA, W. J. da; TEIXEIRA, J.P.F. Análise de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio, através de funções matematicamente ajustadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 17 (6): 825-833, jun. 1982.

MELO FILHO, J.F.M.; COSTA, J.A.; CRUZ, A.M.P.; MAIA, R.M.B. Características de três leguminosas para utilização como plantas de cobertura do solo e controle de perdas por erosão. In. Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 7. Goiânia – GO, **Anais...Goiânia: UFG**, 2001. Artigos, p.1-8.

MISSIO, E.L.; DEBIASI, H.; MARTINS, J.D. Comportamento de leguminosas para cobertura do solo, adubação verde e controle de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto Alegre. V. 10, n. 1-2, p. 129-136, 2004.

OLIVEIRA, F.B. de; GUERRA, J.G.M.; JUNQUEIRA, R.M.; SILVA, E.E. da; OLIVEIRA, F.F. de; ESPÍNDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L. de; URQUIAGA, S. Crescimento e produtividade do inhame cultivado entre faixas de guandu em sistema orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.53-57, jan.-mar. 2006.

PEIXOTO, C.P.; CRUZ, T.V. da.; Peixoto, M. de F. da S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e práticas. **Enciclopédia Centro Científico Conhecer**. Goiânia, vol. 7, N. 13; 2011. p. 51-75.

PEREIRA, A.J. **Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria L.* em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto.** 2007.72f. (Doutorado em Fitotecnia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

SANTOS, A.B. dos; COSTA, J.D. Crescimento de arroz de sequeiro em diferentes populações e irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.32, n.10, p.591-599, 1997.

SILVA, E.L.S. A vegetação de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**: INPA, 1997. p.325-335.

SILVA, L.C.; BELTRÃO, N.E. de M.; AMORIM NETO, M. da S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais.** Campina Grande: EMBRAPA, 2000. 18 p. (Circular técnica, n. 34).

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F.. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.3, p. 497-506, Mar. 2000.