

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

**A SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA DE AVEIA POR
ELEMENTOS CLIMÁTICOS, NITROGÊNIO E REGULADOR DE
CRESCIMENTO¹**

**THE SIMULATION OF OAT BIOMASS PRODUCTIVITY BY CLIMATE
ELEMENTS, NITROGEN AND GROWTH REGULATOR**

**Leonardo Norbert², Natiane Carolina Ferrari Basso³, Julio Daronco
Berlezi⁴, Cristhian Milbradt Babeski⁵, Felipe Uhde Porazzi⁶, José Antonio
Gonzalez Da Silva⁷**

¹ Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Estudos Agrários-DEAg/UNIJUI.

² Estudante de Agronomia/bolsista PROBIC/FAPERGS, DEAg/Unijui,
norbert.leonardo6@gmail.com

³ Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/UNIJUI, DEAg/Unijui, natianeferrari@gmail.com

⁴ Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/CNPq, DEAg/Unijui, julio.berlezi28@hotmail.com

⁵ Estudante de Agronomia/bolsista MCTIC/CNPq, DEAg/Unijui, cristhiancmb@hotmail.com

⁶ Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/CNPq, DEAg/Unijui, felipe.uhde@hotmail.com

⁷ Professor Orientador, DEAg/UNIJUI, jagsfaem@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A silagem é o processo de conservação da forragem resultante da fermentação anaeróbica, em que, basicamente carboidratos solúveis são convertidos em ácidos orgânicos pela ação de microrganismos (Zamarchi et al., 2014). Portanto, a ensilagem de gramíneas forrageiras como a aveia é uma alternativa para fornecimento de volumoso de qualidade em períodos de baixa oferta de pasto (Paris et al., 2015). A alta produtividade de biomassa de aveia está associada ao desempenho das cultivares, tecnologias de manejo, clima e solo favoráveis (Silva et al., 2015). Entre as tecnologias de manejo, a adubação nitrogenada ganha destaque, pois estimula o crescimento de parte aérea e de raízes com reflexos sobre a produtividade de biomassa (Mantai et al., 2015). O incremento de nitrogênio para maior produtividade junto as condições climáticas favoráveis, aumentam o crescimento vegetativo da planta, facilitando a ocorrência do acamamento (Silva et al., 2015). Para minimizar a ocorrência do acamamento de plantas, têm-se utilizado o uso de reguladores de crescimento, como o Trinexapac-Ethyl, em culturas como arroz (Arf et al., 2012) e trigo (Schwerz et al., 2015). Na silagem de qualidade é fundamental adequada composição de folha, colmo e grãos. No entanto, o uso de regulador para redução do acamamento na manutenção da qualidade de grãos pode reduzir efetivamente a biomassa total folha e colmo, também importante na confecção da ensilagem.

O objetivo do estudo é a definição da dose ideal do regulador de crescimento que possibilite acamamento de plantas de aveia inferior a 5%. Identificar elementos climáticos potenciais sobre o desenvolvimento da aveia para composição do modelo de regressão linear múltipla e a simulação da produtividade de biomassa à elaboração de silagem nas condições de uso do regulador de crescimento em reduzida, alta e muito alta fertilização com nitrogênio.

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em 2016, 2017 e 2018 em Augusto Pestana, RS, Brasil. A semeadura foi realizada com semeadora-adubadora em sistema soja/aveia. O regulador de crescimento foi aplicado no estádio de 1º e 2º nó visível do colmo. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições em esquema fatorial 4x3 nas fontes de variação doses de regulador de crescimento (0, 200, 400 e 600 mL ha⁻¹) e doses de nitrogênio (30, 90 e 150 kg ha⁻¹), respectivamente, totalizando 48 unidades experimentais constituídas de 5 linhas, com 5 m de comprimento e espaçadas 0,20 m, gerando a parcela de 5 m². A colheita dos experimentos ocorreu de forma manual pelo corte de 1m² de cada parcela a cada 30 dias. O acamamento (AC) foi estimado visualmente segundo metodologia sugerida por Moes & Stobbe (1991). As médias de produtividade de biomassa e grãos e as informações de temperatura e precipitação pluviométrica foram usados na classificação dos anos em favorável e desfavorável ao cultivo. Foi realizado ajuste da equação de regressão linear que descreve o comportamento da expressão do acamamento de plantas de aveia pelo incremento das doses de regulador de crescimento. Nestas equações foi considerado a possibilidade de acamamento de plantas de no máximo 5%. Procedeu-se a escolha das variáveis potenciais para o modelo de regressão linear múltipla via técnica de Stepwise, para a simulação da produtividade biológica (PB) de aveia. A equação é composta por duas ou mais variáveis na geração de uma estrutura do tipo:

$$PB = b_0 \pm b_1 x \pm b_2 x_2 \pm b_3 x_3 \pm \dots \pm b_n x_n$$

Para estas análises foi utilizado o programa computacional Genes (Cruz, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, no momento de aplicação de nitrogênio em 2017, a média de temperatura máxima se mostrou a mais elevada em relação a 2018 e 2016. Além disso, a aplicação de nitrogênio foi seguida de precipitações pluviométricas superiores a 50 mm, volume também observado próximo a colheita de grãos. Estes fatos, justificam a baixa produtividade obtida (Tabela 1), caracterizando como ano desfavorável ao cultivo (AD).

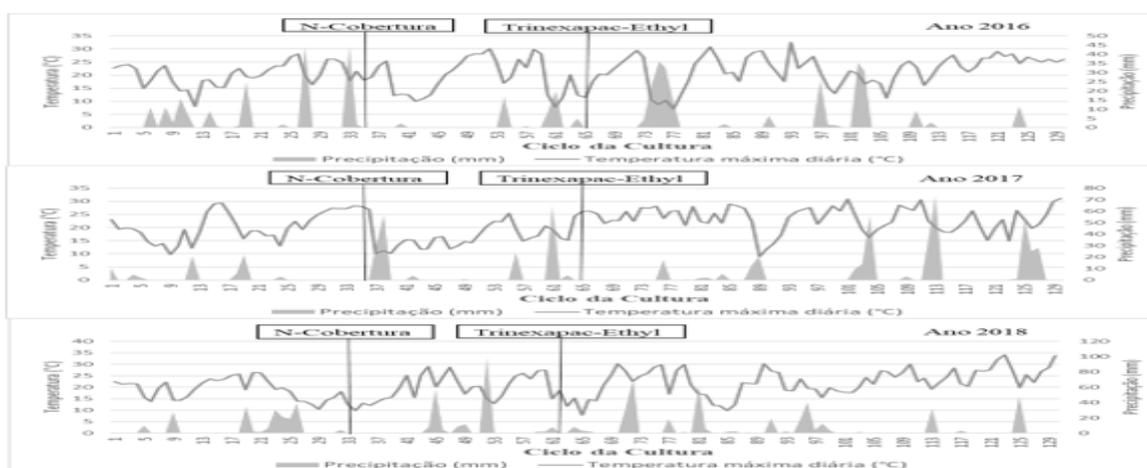


Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperatura máxima no ciclo de aveia, aplicação de N-fertilizante e aplicação de Trinexapac-Ethyl

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

O ano de 2018, evidenciou a menor temperatura máxima próxima a aplicação de nitrogênio. Na aplicação o solo se apresentava com condições de umidade favorável, pelas chuvas dos dias anteriores (Figura 1). O elevado volume de chuvas durante o ciclo proporcionaram períodos de menor insolação, reduzindo a eficiência de fotossíntese, junto as médias de produtividade (Tabela 1), caracterizaram como ano intermediário (AI) ao cultivo. Em 2016, a temperatura máxima na aplicação de nitrogênio se mostrou ideal, ao redor de 20 °C. A aplicação ocorreu em condições favoráveis de umidade do solo (Figura 1). Embora o volume total de chuvas tenha sido o mais reduzido (Tabela 1), a adequada distribuição de precipitação (Figura 1) foi decisiva à maior produtividade, com valores superiores a 4 t ha⁻¹ (Tabela 1), caracterizando 2016 como favorável (AF) ao cultivo.

Tabela 1. Dados de temperatura e precipitação nos meses e anos de cultivo de aveia e média de produtividade de biomassa e grãos com classificação dos anos agrícolas

Ano	Mês	Temperatura			Precipitação		PG ₂	PB ₂	Classe
		Mínima	Máxima	Média	Média*	Ocorrida			
2018	Maior	10,5	22,7	16,6	149	199	3404b	8450b	AI
	Junho	07,9	18,4	13,1	162	191			
	Julho	08,3	19,2	13,7	132	200			
	Agosto	09,3	20,4	14,8	138	223			
	Setembro	09,5	23,7	16,6	167	046			
Outubro	12,2	25,1	18,6	156	211				
Total				909	973				
2017	Maior	11,1	24,5	17,8	149	020	2841c	7695c	AD
	Junho	09,3	19,7	14,5	162	059			
	Julho	07,4	17,5	12,4	135	176			
	Agosto	12,9	23,4	18,1	138	061			
	Setembro	12,0	23,0	17,5	167	194			
Outubro	15,0	25,5	20,2	156	286				
Total				909	798				
2016	Maior	10,0	22,6	16,3	149	108	4163a	9373a	AF
	Junho	08,9	20,0	14,5	162	086			
	Julho	07,0	20,6	13,8	135	097			
	Agosto	06,6	19,8	13,2	138	163			
	Setembro	09,6	21,0	15,3	167	119			
Outubro	13,2	27,1	20,2	156	138				
Total				909	712				

*= Média histórica de precipitação pluviométrica obtida nos meses de maio a outubro de 1982 a 2007; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si na probabilidade de 5% de erro pelo teste de Scott & Knott; AF= ano favorável; AD= ano desfavorável; AI= ano intermediário; Temperatura (°C); Precipitação (mm); PG₂= produtividade de grãos (kg ha⁻²); PB₂= produtividade de biomassa (kg ha⁻²).

A proposta de simulação da produtividade de biomassa de aveia por ano agrícola não contempla modelos eficientes, visto a forte variação existente em cada ano de cultivo (Tabela 1 e Figura 1). Portanto, foi considerado o efeito cumulativo da variabilidade entre os anos para obtenção de coeficientes mais ajustados aos modelos de regressão na estimativa da dose ideal de regulador e de regressão linear múltipla. Portanto, na Tabela 2, está apresentado o somatório dos valores meteorológicos em cada momento de corte junto as médias obtidas de produtividade de biomassa. No momento de corte aos 30 e 60 dias após emergência não houve diferenças na produtividade de biomassa com o incremento das doses de regulador (Tabela 2). A resposta no uso de regulador sobre a expressão de biomassa já se mostrou efetivo aos 90 dias após a emergência. Neste momento, a produtividade de biomassa evidenciou redução significativa nos pontos de 400 e 600 mL ha⁻¹, que não diferiram entre si, independente da condição de fertilização com nitrogênio. O corte de biomassa com 120 dias após a emergência, indicou a mais efetiva redução da produtividade de biomassa com 600 mL ha⁻¹, com 30 e 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Na condição mais elevada de N-fertilizante, a produtividade de biomassa foi significativamente reduzida com 400 e 600 mL ha⁻¹.

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

Tabela 2. Valores obtidos das variáveis meteorológicas e de produtividade de biomassa em diferentes momentos de corte no uso de nitrogênio e regulador de crescimento.

Variáveis Seleccionadas	Dose N (kg ha ⁻¹)	Dose R (mL ha ⁻¹)	Momento de corte (DAE)			
			30	60	90	120
			(2016+2017+2018)			
Soma térmica (graus dia)	-	-	496	944	1452	1982
Precipitação (mm m ⁻²)	-	-	167	307	433	620
Radiação (V m ⁻²)	-	-	212	486	814	1160
Produtividade de biomassa (kg ha ⁻¹)	30	0	310 a	1813 a	8997 a	9629 a
		200	306 a	1849 a	8775 a	8562 b
		400	295 a	1804 a	8022 b	8421 b
		600	300 a	1816 a	8023 b	7713 c
	90	0	296 a	1792 a	9370 a	11009 a
		200	282 a	1840 a	9030 a	10830 a
		400	272 a	1763 a	8155 b	10147 b
		600	262 a	1714 a	7909 b	9027 c
	150	0	295 a	1922 a	9157 a	11211 a
		200	292 a	1851 a	8726 a	10988 a
		400	294 a	1887 a	7579 b	10232 b
		600	295 a	1870 a	7438 b	9886 b

DAE: dias após a emergência. Dose R: doses de regulador de crescimento aplicado; Dose N: doses de nitrogênio aplicado em cobertura; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si em 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott & Knott

Na tabela 3, da estimativa da dose ideal de regulador de crescimento pela expressão do acamamento, as equações de regressão testadas apresentaram tendência linear decrescente significativa, independente da dose de nitrogênio. Na estimativa da dose ideal de regulador de crescimento foi levado em consideração a possibilidade de acamamento de plantas de no máximo 5%, valor adicionado ao parâmetro "y" de cada equação. Independente da condição de ano de cultivo, as doses de regulador de crescimento variaram em 460, 500 e 520 mL ha⁻¹ em condição de reduzida, alta e muito alta fertilização com nitrogênio, respectivamente. De modo geral, a dose de 495 mL ha⁻¹ de regulador se mostrou efetiva na redução do acamamento, independente de ano agrícola e dose de nitrogênio.

Tabela 3. Estimativa da dose ideal do regulador de crescimento por ano e dose de N-fertilizante na previsibilidade de no máximo 5% de acamamento

Dose N (kg ha ⁻¹)	Ano	Equação AC = a + bx	R ²	P _(b)	Y ₅ (%)	Dose ideal (mL ha ⁻¹)
30	2018 (AD)	23.55 - 0.045x	0,80	*		≈410
	2017 (AD)	29.62 - 0.050x	0,92	*	(5)	≈495
	2016 (AF)	22.52 - 0.037x	0,89	*		≈475
	X ₂₀ 2016+2017+2018	25.23 - 0.044x	0,87	*	(5)	≈460
90	2018 (AD)	56.82 - 0.103x	0,91	*		≈500
	2017 (AD)	46.00 - 0.080x	0,82	*	(5)	≈510
	2016 (AF)	48.75 - 0.089x	0,93	*		≈490
	X ₉₀ 2016+2017+2018	50.52 - 0.090x	0,88	*	(5)	≈500
150	2018 (AD)	82.35 - 0.147x	0,93	*		≈525
	2017 (AD)	71.25 - 0.127x	0,89	*	(5)	≈520
	2016 (AF)	75.15 - 0.133x	0,94	*		≈525
	X ₁₅₀ 2016+2017+2018	76.25 - 0.135x	0,92	*	(5)	≈520
X _{geral}	2016+2017+2018	50.66 - 0.089x	0,89	*	(5)	≈495

* = significativo a 5% de probabilidade de erro, respectivamente, pela probabilidade de F; P_(b) = parâmetro que mede a inclinação da reta; R² = coeficiente de determinação; () = consideração da possibilidade de acamamento de plantas inferior a 5%; X₂₀ = média obtida nos três anos de estudo; X₉₀, X₁₅₀ = média geral; Y₅ = valor estimado; Dose ideal = dose de regulador que possibilita acamamento de plantas inferior a 5%.

Na tabela 4, estão apresentadas as equações de regressão linear múltipla para simulação da produtividade de biomassa de aveia. Nesta simulação, foram empregados os valores apresentados na tabela 2 junto a dose ideal de regulador de crescimento da Tabela 3. Na dose de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio o incremento da dose de regulador de crescimento proporciona diminuição da produtividade de biomassa com valores estimados variando entre 9625 e 7728 kg ha⁻¹, inclusive, as equações testadas se mostraram altamente eficientes, com valores muito próximos aos observados em campo. Na análise do modelo mais amplo, com inclusão da dose ideal de regulador de crescimento (Tabela 3), o valor estimado de produtividade de biomassa é muito próximo ao observado e dentro do intervalo de confiança proposto. Na análise do modelo mais completo que inclui os elementos climáticos, o manejo pelo nitrogênio e regulador de crescimento, a eficiência na simulação da produtividade de biomassa foi confirmada, validando uma proposta de qualificar a previsibilidade de safra sobre a aveia direcionada a elaboração de silagem.

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

Tabela 4. Regressão linear múltipla para estimativa da produtividade de biomassa por elementos climáticos, doses de nitrogênio e regulador de crescimento no ciclo da aveia.

Dose R (mL ha ⁻¹)	Equação	PB			
		E	O	LI	LS
	$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$				
	2016+2017+2018				
	N:30 kg ha ⁻¹				
0	PB = -271 + 26.4Ra - 0.9Pr - 10.8St + 10.3Mc	9625	9629	8613	10281
200	PB = -209 + 23.7Ra - 5.4Pr - 16.3St + 141.2Mc	8572	8562	7439	10085
400	PB = -188 + 22.3Ra - 4.7Pr - 14.6St + 121.8Mc	8445	8421	7314	9150
600	PB = -236 + 19.0Ra - 4.2Pr - 14.7St + 147.2Mc	7728	7713	7155	8358
0-600	PB = 61 - 0.9DR + 22.4Ra - 4.7Pr - 14.2St + 117Mc	8612	8581	8160	9080
	N:90 kg ha ⁻¹				
0	PB = -211 + 29.8Ra - 6.3Pr - 13.6St + 62.5Mc	10208	11009	9574	11427
200	PB = -189 + 29.0Ra - 6.5Pr - 12.4St + 38.3Mc	9827	10330	9280	11130
400	PB = -232 + 29.5Ra - 5.8Pr - 13.8St + 58.5Mc	9665	10147	8820	10310
600	PB = -279 + 22.2Ra - 4.2Pr - 6.7St - 4.6Mc	8982	9027	8061	9788
0-600	PB = -229 + 0.01DR + 27.9Ra - 5.7Pr - 11.6St + 38Mc	10171	10178	9681	10670
	N:150 kg ha ⁻¹				
0	PB = -205 + 27.9Ra - 6.1Pr - 16.7St + 132Mc	11118	11211	9495	11965
200	PB = -164 + 31.7Ra - 6.4Pr - 12.7St + 27.2Mc	10733	10908	9358	11886
400	PB = -133 + 29.4Ra - 6.4Pr - 17.5St + 127Mc	10558	10532	8630	11363
600	PB = -101 + 34.6Ra - 6.5Pr - 12.3St - 11.3Mc	10270	10386	8217	11283
0-600	PB = -155 + 0.01DR + 30.9Ra - 6.2Pr - 14St + 55Mc	10702	10760	9720	11016
30-150	PB = -182 + 0.82DR - 0.32DR + 27Ra - 5.68Pr - 13.5St + 71.4Mc	9346	9640	9300	9964

PB = Produtividade de biomassa (kg ha⁻¹); St = Soma Térmica (graus dia); Pr = precipitação (mm m⁻²); Ra = radiação (V m⁻¹); MC = momento de corte (dias); 30-150 = Nitrogênio (kg ha⁻¹); N= nitrogênio (70 kg ha⁻¹); DR= dose de regulador.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dose de 495 mL ha⁻¹ de regulador se mostra eficiente na redução do acamamento de plantas de aveia em condição de reduzida, alta e muito alta fertilização com nitrogênio. A soma térmica, precipitação, radiação, dose de regulador e nitrogênio qualificam a composição do modelo de regressão linear múltipla, tornando eficiente a simulação da produtividade de biomassa da aveia para silagem ao longo do ciclo. Destarte, a possibilidade de simulação ligando o uso de regulador de crescimento com o nitrogênio na previsibilidade de colheita de biomassa.

Palavras-chaves: *Avena sativa*, ensilagem, trinexapac-ethyl, regressão linear múltipla

Key words: *Avena sativa*, silage, trinexapac-ethyl, linear multiple regression

REFERÊNCIAS

- MANTAI, R. D.; SILVA, J. A. G. DA; ARENHARDT, E. G. et al. Cardoso, A. M.; Goi Neto, C. J.; Krysczun, D. K. The effect of nitrogen dose on the yield indicators of oats. African Journal of Agricultural Research, v. 10(39), p.3773-3781, 2015.
- MOES, J. & STOBBE, E.H. Barley treated with ethephon: I. yield components and net grain yield. Agronomy Journal, v.83(1), p.86-90, 1991.
- SCHWERZ, F.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D. et al. Growth retardant and nitrogen levels in wheat agronomic characteristics, Científica, v.43(2), p.93-100, 2015.
- ZAMARCHI, G.; PAULO S. P.; MENEZES, L. F. G. et al. Silage of white oat under nitrogen fertilization and pre-wilting. Ciências Agrárias, v.35(4), p. 2185-2196, 2014.