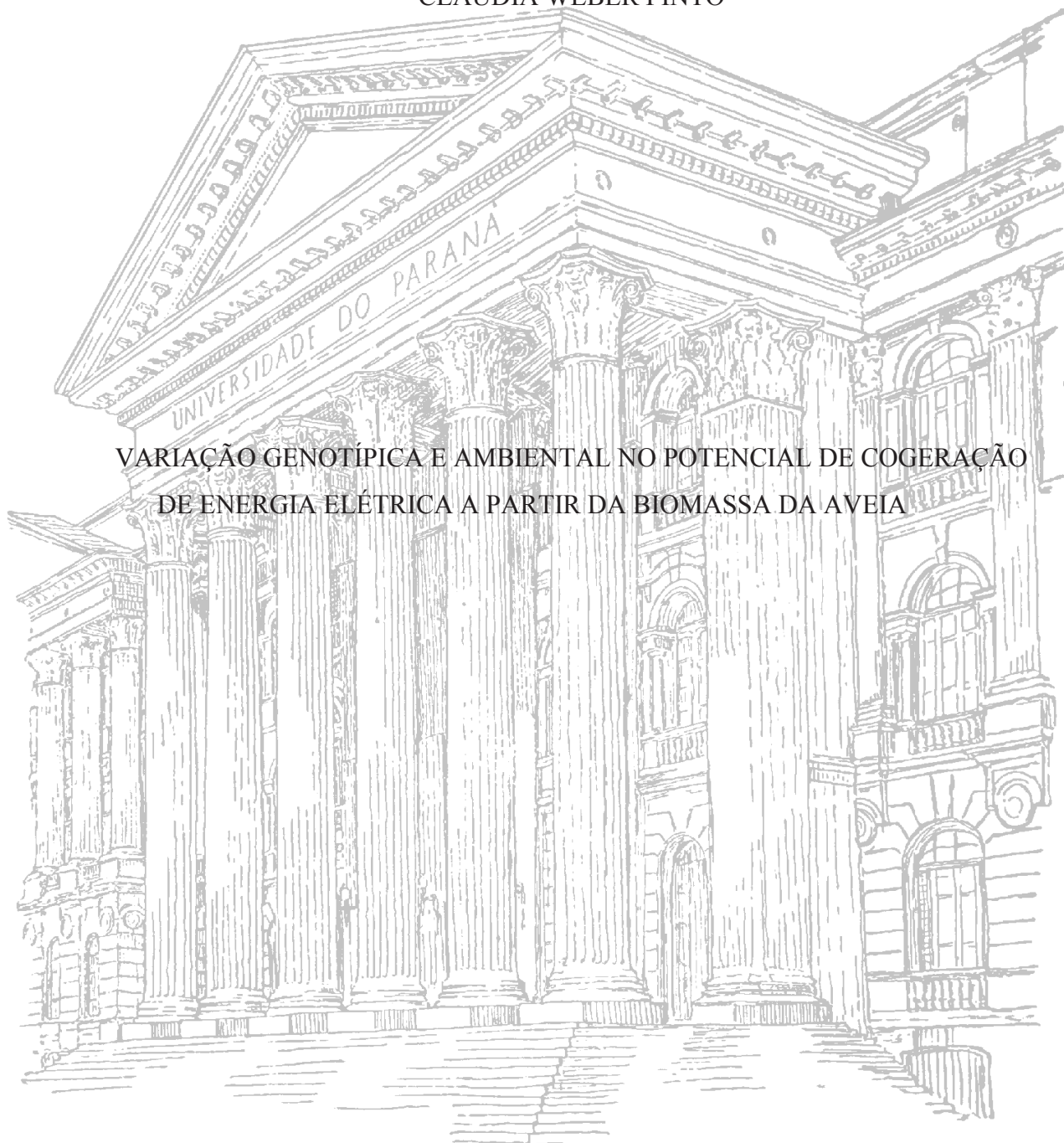


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CLAUDIA WEBER PINTO



VARIAÇÃO GENOTÍPICA E AMBIENTAL NO POTENCIAL DE COGERAÇÃO  
DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA BIOMASSA DA AVEIA

CURITIBA

2015

CLAUDIA WEBER PINTO

VARIAÇÃO GENOTÍPICA E AMBIENTAL NO POTENCIAL DE COGERAÇÃO  
DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA BIOMASSA DA AVEIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, Linha de pesquisa: Propriedades e Processos Biogeoquímicos nos Ecossistemas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Coorientador: Prof. Dr. Dimas A. da Silva

CURITIBA

2015

Pinto, Cláudia Weber

Varição genotípica e ambiental no potencial de cogeração de energia elétrica a partir da biomassa da aveia / Cláudia Weber Pinto

. - Curitiba, 2015.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Orientador: Volnei Pauletti.

Coorientador: Dimas A. da Silva.

1. Bioenergia. 2. Solos - Bioquímica. 3. Aveia. I. Pauletti, Volnei. II. Silva, Dimas A. da. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO  
Mestrado e Doutorado



## PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de CLAUDIA WEBER PINTO, intitulada: "Variação genotípica e ambiental no potencial de cogeração de energia elétrica a partir da biomassa da aveia", do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição do candidato, emitem parecer pela "APROVAÇÃO" da referida Dissertação. O candidato atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 29 de junho de 2015.

Prof. Dr. Volnei Pauletti, Presidente

Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva, 1º. Examinador

Dr. Gabriel Barth, 2º. Examinador

Dedico a minha mãe, Neida, meus irmãos, Marcelo e Márcio, por fazerem dos meus sonhos os seus, e não medir forças para torná-los reais.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar forças para continuar nos momentos mais difíceis.

À minha amada mãe Neida, pelo incentivo nos momentos difíceis e estímulo para a conclusão do trabalho e aos meus irmãos Marcelo e Márcio por estarem ao meu lado sempre.

Ao meu orientador Volnei Pauletti pela amizade, orientação, aconselhamentos, e confiança ao longo deste trabalho.

Ao meu coorientador Dimas Agostinho da Silva pela amizade, ajuda na realização do trabalho e conhecimentos adquiridos.

Ao Rudimar Molin coordenador da área de Fitotecnia da Fundação ABC pelo fornecimento do material da pesquisa.

À Universidade Federal do Paraná por me conceder, mais uma vez, a chance de realizar o meu sonho!

À Fundação ABC para Assistência Divulgação Técnica Agropecuária, pela parceria.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) da UFPR.

Aos queridos amigos do PPGCS/UFPR, das turmas de 2012, 2013 e 2014 de mestrado e doutorado, em especial, ao Gabriel, Leo, Priscila Simon, William Magrin, Wilian Demetrio, Caio, Priscila Golfetto, Marcus Cremonesi e Emanuelle pelo companheirismo nessa jornada, levarei vocês com carinho no meu coração.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, em especial, à Eveline e a Denise.

Ao Dr. Hilbert Blum pelo auxílio nas análises.

Ao Laboratório de Energia da Biomassa Florestal, em especial, aos mestrandos Rodrigo, Sandra e a Karine pela inestimável contribuição à realização das análises.

Ao CNPq, pelo financiamento desta pesquisa e pela concessão da bolsa.

A todos, muito obrigada.

Bem-aventurado o homem que acha a sabedoria, e a pessoa que encontra o entendimento... (Provérbios 3: 13-18)

## RESUMO

A biomassa residual da produção agrícola armazena energia que pode ser aproveitada, especialmente em países com expressiva produção de alimentos. Entre as espécies amplamente cultivadas está a aveia, destinada tanto para a produção de biomassa para ciclagem de nutrientes e cobertura do solo, quanto para produção de forragem e grãos para consumo humano e de animais. Este trabalho teve por objetivo determinar o potencial energético da biomassa residual da aveia considerando a variabilidade genética e o ambiente de cultivo. Foram conduzidos cinco experimentos a campo nos municípios de Castro, Ponta Grossa, Arapoti e Tibagi no estado do Paraná e de Itaberá, no estado de São Paulo. Em cada local foram avaliadas 7 cultivares de aveia preta (*Avena strigosa*), AGROCOXILHA, AGROIJUÍ, AGROPLANALTO, AGROZEBU, EMBRAPA 29, IAPAR 61, UPFA 21 e três de aveia branca (*Avena sativa*), FUNDACEP FAPA 43, IPR 126, UTF IGUAÇU, em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. Foi determinado o potencial de produção de bioeletricidade, através da obtenção da biomassa produzida, análise química imediata e elementar e do poder calorífico. Também foi determinada a exportação de nutrientes com a colheita de biomassa. O potencial de geração de energia variou entre cultivares e locais de cultivo, estando relacionado com a produtividade de biomassa. Os macronutrientes extraídos em Ponta Grossa-PR e Castro-PR seguiram a ordem crescente: C > K > N > Ca > Mg > P, em Tibagi-PR, Arapoti-PR e Itaberá-SP foi C > N > K > Ca > Mg > P, para os micronutrientes em Ponta Grossa-PR, Tibagi-PR e Itaberá-SP seguiram a ordem crescente de: Fe > Mn > Zn > Cu, em Arapoti-PR foi Mn > Fe > Zn > Cu e em Castro-PR foi Zn > Fe > Mn > Cu.

Palavras chave: Bioenergia. Ciclagem de nutrientes. *Avena strigosa*. *Avena sativa*

## ABSTRACT

The residual biomass from agricultural stores energy that can be harnessed, especially in countries with significant food production. Among the widely cultivated species is oats, intended both for the production of biomass for nutrient cycling and soil cover, as for feed and grains for human consumption and animals. This study aimed to determine the energy potential of waste biomass oat considering genetic variability and cultivation environment. Five field experiments were conducted in the municipalities of Castro, Ponta Grossa, Tibagi and Arapoti in the state of Parana and Itaberá in the state of São Paulo. At each site were evaluated seven varieties of oat (*Avena strigosa*), AGROCOXILHA, AGROIJUÍ, AGROPLANALTO, AGROZEBU, EMBRAPA 29, IAPAR 61, UPFA 21:03 of oat (*Avena sativa*), FUNDACEP FAPA 43 IPR 126, UTF Iguaçú in a randomized block design with three replications. It was determined the bioelectricity production potential by obtaining the biomass produced, chemical analysis and elemental and calorific value. It was also determined the export of nutrients with the harvest of biomass. The power generation potential varied between cultivars and local cultivation, being related with biomass productivity. Macronutrients extracted in Ponta Grossa-PR and PR-Castro followed the ascending order: C > K > N > Ca > Mg > P, in Tibagi-PR, PR-Arapoti and Itaberá-SP was C > N > K > Ca > Mg > P, for micronutrients in Ponta Grossa-PR, Tibagi-PR and Itaberá-SP followed the ascending order: Fe > Mn > Zn > Cu in Arapoti-PR was Mn > Fe > Zn > Cu and Casro-PR was Zn > Fe > Mn > Cu.

Keywords: Bioenergy. Nutrient cycling. *Avena strigosa*. *Avena sativa*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>3</b>
2.1	ÁREAS EXPERIMENTAIS E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS .....	3
2.2	VARIÁVEIS AVALIADAS.....	6
2.2.1	Produtividade de biomassa aérea das cultivares de aveia.....	6
2.2.2	Caracterização da biomassa aérea .....	7
2.3.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	9
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>9</b>
3.1	PRODUTIVIDADE DA BIOMASSA AÉREA DAS CULTIVARES DE AVEIA .....	9
3.2	PODER CALORÍFICO DA BIOMASSA AÉREA DAS CULTIVARES DE AVEIA.....	11
3.3	POTENCIAL TEÓRICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA DA BIOMASSA AÉREA DAS CULTIVARES DE AVEIA .....	14
3.4	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA AÉREA DAS CULTIVARES DE AVEIA.....	15
3.4.1	Teor de materiais voláteis .....	15
3.4.2	Teor de cinzas .....	16
3.4.3	Teor de carbono fixo.....	17
3.5	COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DA BIOMASSA AÉREA DA AVEIA.....	18
3.5.1	Teor de nutrientes da biomassa aérea das aveias .....	19
3.5.2	Conteúdo de nutrientes da biomassa aérea das aveias.....	27
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>31</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>32</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento do uso de energia acompanha a progressiva ascensão social e tecnológica e o aumento da população. Por isso, tem aumentado os investimentos em pesquisa em fontes de energia que sejam preferencialmente renováveis, limpas e economicamente viáveis, agregando valor às cadeias produtivas (Muthuraman et al., 2010).

O Brasil apresenta situação privilegiada em termos de utilização de fontes renováveis de energia. Segundo Brasil (2014), somente cerca de 59% da energia atualmente gerada no país provém de fontes não renováveis (combustíveis fósseis); e o restante de fontes menos poluentes, como hidroelétricas com cerca 12,5% e biomassa com participação de cerca 24,4%. Esta biomassa, no entanto, é basicamente composta por madeira e bagaço de cana.

Atualmente o país é um dos maiores produtores agrícolas do mundo e das áreas destinadas à produção de grãos resulta tanto a produção de alimentos quanto de biomassa, que pode ser utilizada na produção de energia (Lorenzetti et al., 2012). A biomassa é definida como toda matéria orgânica vegetal formada pelo processo de fotossíntese, a qual ocorre na presença da luz solar (McKendry, 2002).

A energia presente na biomassa pode ser transformada por meio de processos de conversão, a qual tem como principal objetivo, transformar materiais sólidos carbonáceos, com baixa concentração de energia, em combustíveis com eficiência economicamente viável (Silva, 2001). Entretanto, para que este objetivo seja atingido, uma caracterização da biomassa deve ser feita, ou seja, devem-se conhecer suas propriedades, para que seja, ou não, uma opção para conversão bioenergética.

Algumas propriedades químicas da biomassa interferem diretamente no poder calorífico dos resíduos e conseqüentemente na sua qualidade como combustível. As mais importantes são a análise química imediata (incluindo cinzas, materiais voláteis e o teor de carbono fixo) e a análise química elementar (determinando percentuais de C, N, H, entre outros) (Mediavilla et al., 2009; Khan et al., 2009; Telmo et al., 2010). O conhecimento dessas propriedades é de suma importância para a escolha adequada da biomassa a ser utilizada para fins energéticos, pois elas podem variar com a espécie e manejo da lavoura, e apresentam comportamentos específicos durante a combustão do material (Quirino et al., 2004).

O poder calorífico é o principal parâmetro utilizado para avaliar o potencial energético da biomassa (Friedl et al., 2005) e é definido como a quantidade de energia liberada na combustão completa de uma unidade de massa do material combustível. Em geral, quanto maior o poder calorífico, maior o potencial de uso do material para geração de energia. O poder calorífico é dito como superior (PCS) quando a combustão se efetua a volume constante e quando a água formada durante a combustão é condensada e o calor latente do vapor d'água é restaurado (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1984). O poder calorífico inferior (PCI) é a energia disponível por unidade de massa do combustível depois de se descontar as perdas de energia com a evaporação da água (Nascimento et al., 2006).

Segundo Quesada et al. (2004) que estudaram quatro genótipos de capim elefante afim de avaliar o efeito que uma leguminosa (*Crotalaria juncea*) no pré-plantio, teria na produção de biomassa seca, em substituição ao adubo nitrogenado, observaram que a adubação afetou a composição da biomassa, sendo o genótipo Cameroon adubado com N mineral a que se mostrou mais indicada para ser utilizada para a produção de energia. No entanto, para o eucalipto destinado à produção de energia, o local de plantio, os diferentes clones e o ambiente onde essas florestas energéticas são implantadas interferem na produção da madeira destinada a energia, porém não alteram o poder calorífico dos diferentes clones (Trugilho, 2010).

Dentre as principais vantagens de se utilizar a biomassa como combustível, se destacam principalmente que: primeiro, ela pode ser considerada neutra em relação às emissões de CO<sub>2</sub> (gás de efeito estufa), já que é formada por meio de reações fotossintéticas (Munir et al., 2009; Gil et al., 2010); segundo, por causa da sua origem fotossintética, tem baixo teor de enxofre e nitrogênio, gerando também baixas emissões de N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), NO (óxido nítrico), NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio) e SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre) (Li et al., 2009; Qian et al., 2011); terceiro, os resíduos de biomassa são um recurso energético independente, que pode evitar a dependência de fontes de energia externa ao local de produção, melhorando a balança comercial de uma região (Demirbas, 2008); e por último, pode-se utilizar resíduos que não tem mais uso, tornando esses resíduos de biomassa uma fonte de energia economicamente competitiva com os combustíveis fósseis (Mi-Kyung et al., 2009).

Entretanto, a biomassa que sobra da colheita de grãos é importante para manutenção do potencial produtivo dos solos, pois favorece a manutenção da umidade, ciclagem de nutrientes, proteção contra a erosão (Tarkalson et al., 2009),

entre outras funções importantes. Estas funções aumentam de importância no sistema de cultivo plantio direto. Neste sistema, a semente é depositada diretamente no solo não preparado, onde os resíduos da cultura anterior permanecem na superfície (Derpsch, 2010).

A aveia (*Avena* spp.) é uma gramínea anual de inverno que contém um grande número de espécies (Tavares et al., 1993), sendo as mais comuns a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) de uso forrageiro e para cobertura do solo e a aveia-branca (*Avena sativa* L.), que pode ser granífera e/ou forrageira e também ser utilizada para cobertura do solo (Santi et al., 2003). A produção de biomassa das aveias pode ser elevada, porém, pode variar conforme a região e a cultivar utilizada (Alvim & Coser, 2000). Carvalho et al. (2008) obtiveram para alguns genótipos produtividade de biomassa seca variando de 8314 a 13670 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto Primavesi et al. (2006) obtiveram resultados um pouco inferiores, com produção de biomassa seca variando de 6215 a 9813 kg ha<sup>-1</sup>.

Segundo dados da Conab (2013), a área cultivada de aveia destinada à produção de grãos no Brasil foi de 166,4 mil hectares, obtendo-se uma produção de 400,1 mil toneladas de grãos, o que corresponde a um rendimento de 2404 kg ha<sup>-1</sup>. Mais de um terço desta área estava no estado do Paraná cuja área semeada foi de 61,5 mil hectares, com um rendimento médio de 2590 kg ha<sup>-1</sup>. Não há dados estatísticos para área cultivada de aveia destinada à cobertura do solo, porém estima-se que a área para este fim seja dez vezes a área de cultivo de aveia grão (Mori et al., 2013).

A aveia é uma das poucas culturas que podem ser usadas em rotação sem restrições por parte das culturas anterior e posterior (Amado et al., 2000). Além disso, por produzir grande volume de biomassa, a aveia pode ter bom potencial para uso na produção de energia, e com isso, seria possível produzir alimentos e energia numa mesma área sem prejudicar qualquer desses dois objetivos.

O objetivo do trabalho foi caracterizar a composição química imediata e elementar, exportação de nutrientes e o potencial energético da biomassa aérea da aveia considerando a variabilidade genética e o ambiente de cultivo.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 ÁREAS EXPERIMENTAIS E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS**

Os experimentos foram conduzidos na safra de 2012 nas estações experimentais da Fundação ABC localizadas nos municípios de Arapoti (24°11'36"S e 49°52'33" O), Tibagi (24°31'31"S e 50°22'2"O), Castro (24°51'31"S e 49°56'18"O), Ponta Grossa (25°0'42"S e 50°9'13"O) no Estado do Paraná e em Itaberá (24°3'54"S e 49°9'24"O) no Estado de São Paulo (Figura 1), nas altitudes de 887, 832, 1026, 877 e 723 m, respectivamente.

Figura 1. Localização dos experimentos nos municípios de Ponta Grossa - PR, Castro – PR Tibagi – PR, Arapoti – PR e Itaberá – SP.



Fonte: Google Earth, (2015)

O clima de Arapoti, Tibagi e Itaberá é do tipo Cfa, subtropical úmido, e de Castro e Ponta Grossa do tipo Cfb, que corresponde ao clima temperado, propriamente dito, segundo a classificação climática de Köppen (Iapar, 2014). As temperaturas médias mensais no período do cultivo das aveias (maio a outubro) foram de 17,4, 16,9, 17,7, 15,1, 16,3 °C, respectivamente, e as precipitações médias mensais no mesmo período de 92,6, 99,6, 111,9, 106,7 e 66,4 mm, respectivamente (Tabela 1).

Os tratamentos consistiram de 10 genótipos de aveia, sendo sete de aveia preta (*Avena strigosa*), AGROCOXILHA, AGROIJUÍ, AGROPLANALTO, AGROZEBU, EMBRAPA 29, IAPAR 61, UPFA 21 e três de aveia branca (*Avena sativa*), FUNDACEP FAPA 43, IPR 126, UTF IGUAÇU, e foram distribuídos em blocos ao acaso com três repetições. O tamanho das parcelas foi de 5,00 X 0,85 m. O sistema

de cultivo foi o plantio direto, já utilizado a mais de 20 anos em todas as áreas experimentais. O cultivo anterior ao das aveias foi a soja em todos os locais.

Tabela 1. Precipitação mensal (mm) e temperatura (°C) em decêndio e em média, ocorrida nos municípios de Itaberá – SP, Arapoti – PR, Tibagi- PR, Ponta Grossa – PR, Castro - PR - Brasil.

Itaberá-SP												
Decêndio	2012											
	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
1º	16,9	0,0	14,9	54,8	16,3	0,2	17,2	0,2	20,4	0,0	23,0	0,8
2º	16,4	10,0	16,1	67,2	12,2	0,0	18,5	0,0	21,8	5,0	18,7	19,8
3º	17,2	33,4	15,4	4,2	17,5	4,6	17,5	4,6	15,7	42,0	23,4	107,2
Total	16,8	43,4	15,5	126,2	17,7	4,8	17,7	4,8	19,3	47,0	21,7	127,8
Temperatura média no período de cultivo: 17,7 °C; precipitação no período do cultivo: 398,6 mm												
Arapoti-PR												
Decêndio	2012											
	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
1º	16,4	0,0	14,7	136,4	15,8	0,0	16,9	0,0	20,3	0,0	22,8	2,8
2º	15,8	44,5	15,6	154,7	11,6	45,1	18,0	0,0	21,5	11,8	18,8	16,5
3º	16,7	32,6	15,0	3,8	17,5	2,6	17,1	9,9	15,3	55,3	22,9	39,8
Total	16,3	77,1	15,1	294,9	15,0	47,7	17,4	9,9	19,0	67,1	21,5	59,1
Temperatura média no período de cultivo: 17,3 °C; precipitação no período: 555,8 mm												
Tibagi-PR												
Decêndio	2012											
	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
1º	16,1	0,0	14,4	207,0	14,9	27,0	16,2	0,0	19,3	0,0	22,1	0,0
2º	15,9	0,0	14,9	99,2	10,7	23,4	17,7	0,0	21,1	47,2	19,0	10,0
3º	16,4	64,4	14,1	0,0	16,7	8,2	16,7	13,0	15,3	12,4	22,9	86,3
Total	16,1	64,4	14,5	306,2	14,1	58,6	16,9	13,0	18,6	59,6	21,3	96,3
Temperatura média no período de cultivo: 16,3 °C; precipitação no período: 640,4 mm												
Ponta Grossa-PR												
Decêndio	2012											
	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
1º	15,5	0,0	13,6	177,0	14,7	32,2	16,4	0,4	19,1	2,2	21,1	1,0
2º	14,9	24,4	14,9	42,4	10,3	18,4	17,3	0,0	20,5	7,4	17,4	33,6
3º	16,3	58,6	14,3	0,8	15,7	15,4	16,5	11,4	13,9	107,6	20,8	107,6
Total	15,6	83	14,3	220,2	13,5	66,0	16,7	11,8	17,9	117,2	19,8	142,2
Temperatura média no período de cultivo: 16,3 °C; precipitação no período: 640,4 mm												
Castro-PR												
Decêndio	2012											
	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
1º	14,0	3,8	12,6	139,4	13,6	139,4	14,9	2,0	17,8	2,0	19,8	0,8
2º	13,6	33,0	13,6	36,8	9,6	36,8	15,5	0,4	19,2	5,0	16,2	29,6
3º	15,4	40,0	13,1	3,6	15,2	3,6	14,8	7,2	12,8	187,2	20,0	115,8
Total	14,3	76,8	13,1	179,8	12,8	179,8	15,1	9,6	16,6	194,2	18,7	146,2
Temperatura média no período de cultivo: 15,1°C; precipitação no período: 671,8 mm												

FONTE: Estações Agro meteorológicas da Fundação ABC localizadas nos municípios de Itaberá – SP, Arapoti – PR, Tibagi - PR, Ponta Grossa – PR, Castro – PR, entre maio e outubro de 2012.

Na Tabela 2 constam os resultados das análises de solo antes da instalação dos experimentos. Estas análises foram obtidas de amostras coletadas na

profundidade de 0-20 cm, utilizando-se trado calador, com 20 sub-amostras por local para compor a amostra composta. Posteriormente, as amostras de solo foram secas e analisadas quanto aos parâmetros de pH ( $\text{CaCl}_2$ ),  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{H}^{+}+\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{K}^{+}$  trocável, P-resina,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e matéria orgânica (MO), segundo a metodologia descrita por Raij et al. (1997). Os parâmetros: soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions potencial (T) e saturação por bases (V%) foram calculados a partir dos resultados determinados em laboratório.

Tabela 2. Análise química de solo dos locais dos experimentos, na profundidade de 0-20 cm.

Local	Argila	P <sup>(1)</sup>	MO <sup>(2)</sup>	V <sup>(3)</sup>	pH	H+Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	T <sup>(4)</sup>	SB <sup>(5)</sup>
	%	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	%	-	cmolc dm <sup>-3</sup>						
Itaberá-SP	47	35	27	51	5,0	3,7	0,18	0,18	2,3	1,4	3,88	7,58
Arapoti-PR	23	34	34	44	4,8	3,1	0,14	0,03	1,9	0,5	2,43	5,53
Castro-PR	59	21	43	31	4,5	6,8	0,42	0,11	2,3	0,7	3,11	9,91
Ponta Grossa-I	34	16	24	52	4,8	3,4	0,17	0,16	2,5	1,0	3,66	7,06
Tibagi-PR	62	55	42	68	5,2	5,0	<0,01	0,23	7,7	2,6	10,5	15,53

P (1) = fósforo extraído por resina; MO (2) = matéria orgânica; V (3) = saturação por bases; T (4) = capacidade de cátions potencial; SB (5) = soma de bases.

FONTE: a autora, 2012.

No início do experimento houve aplicação, a lanço, de 58,5 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, 250 kg ha<sup>-1</sup> de adubo misto NPK (10:30:10) e 150 kg ha<sup>-1</sup> de ureia somente na área experimental de Arapoti, devido à baixa fertilidade do solo observada na análise do solo nesse local de cultivo. Nos outros locais não foi realizada adubação.

A semeadura foi realizada nos dias 03, 10, 10, 11 e 15 de maio de 2012, em Castro, Arapoti, Ponta Grossa, Itaberá e Tibagi, respectivamente, em espaçamento entre linhas de 0,17 m e 51 plantas por metro linear.

Durante a condução dos experimentos foi realizado o controle de pragas e doenças, conforme recomendação para a cultura.

## 2.2 VARIÁVEIS AVALIADAS

### 2.2.1 Produtividade de biomassa aérea das cultivares de aveia

A biomassa foi colhida manualmente no estágio de grão leitoso em toda a parcela (4,25 m<sup>2</sup>) e pesada. As colheitas foram realizadas nos meses de agosto, setembro e outubro nos 5 locais de cultivo, dependendo do ciclo da cultivar. A altura de corte da biomassa foi de aproximadamente 5 cm da superfície do solo. Após a pesagem da massa total colhida, foram retiradas subamostras de aproximadamente

200 g, que foram pesadas e posteriormente secas 60 °C por 72 horas, para a determinação da umidade e posterior cálculo da produtividade da biomassa seca produzida.

### 2.2.2 Caracterização da biomassa aérea

Após a secagem as subamostras foram moídas com auxílio de moinho de faca do tipo *willye* para posterior determinação dos parâmetros de qualidade da biomassa para energia, poder calorífico e teor e conteúdo de nutrientes.

A determinação da composição química para os teores de materiais voláteis (fração de combustão gasosa ou chama), de carbono fixo (fração de combustão sólida ou brasa) e de cinzas (óxidos minerais residuais da combustão) seguiu a norma NBR 8112 de 1983 da ABNT.

A determinação do poder calorífico superior (PCS) foi realizada de acordo com a norma NBR 8633/84 da ABNT. Neste procedimento 0,5 g das amostras previamente secas e moídas foram colocadas em uma bomba calorimétrica isotérmica modelo IKA-WERNE®, C5000 (Figura 3). A transformação dos valores do PCS para poder calorífico inferior (PCI) em base seca, foi realizada utilizando-se a expressão (1) conforme descrito em Kollmann & Côté (1968).

$$PCI = PCS - 600 \times 9 \times \left(\frac{H}{100}\right) \quad (1)$$

Onde PCI representa o poder calorífico inferior, em kcal kg<sup>-1</sup>; PCS o poder calorífico superior, em kcal kg<sup>-1</sup>; 600 o calor latente de vaporização da água a 20°C, em kcal kg<sup>-1</sup>; 9 a massa de água formada na combustão para cada 1 kg de H na biomassa, em kg; e H o teor de hidrogênio na biomassa de 6,3% (Pierri, 2014).

O teor de materiais voláteis, de carbono fixo e de cinzas e o poder calorífico foram determinados no Laboratório de Energia de Biomassa Florestal e Bioenergia no Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR.

Figura 2. Bomba calorimétrica utilizada para determinação do poder calorífico superior.



Fonte: a autora, 2014.

A conversão dos valores de PCS para  $\text{MJ kg}^{-1}$  foi realizada considerando-se um fator de conversão de  $4,18 \times 10^{-3}$ . Para o cálculo do potencial teórico de produção de energia elétrica a partir da biomassa da aveia utilizou-se a expressão abaixo, baseada em informações de Nogueira & Lora (2003), Andrews (2006) e Brasil (2014).

$$\text{PPE} = \left\{ \frac{[(BTXPCI)X 0,3]}{860} \right\} X 0,2 \quad (2)$$

Onde PPE representa o potencial teórico de produção de energia, em  $\text{kWh ha}^{-1}$ ; BT a biomassa total produzida pela aveia, em  $\text{kg ha}^{-1}$ ; PCI o poder calorífico inferior, em  $\text{kcal kg}^{-1}$ ; 0,3 a porcentagem de retirada da biomassa total (BT) do campo (30 %); 860 a equivalência entre as unidades kcal e kWh; e 0,2 a eficiência média de caldeiras em conversão elétrica (20 %).

A porcentagem de retirada de campo de 30% dos resíduos das culturas é baseada nos trabalhos de Andrews (2006) e Powers et al. (2011), que demonstraram que a retirada desse percentual de biomassa não causa impacto negativo ao solo, permitindo ainda a manutenção de 93 % da cobertura do mesmo.

O teor e conteúdo de nutrientes foi determinado nas mesmas subamostras moídas e utilizadas para determinação do poder calorífico da biomassa. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA) da UFPR. As amostras foram submetidas à digestão via seca, em mufla a  $500^\circ\text{C}$  e solubilizadas posteriormente em  $\text{HCl } 3\text{mol L}^{-1}$  (Martins & Reissmann, 2007). Os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) foram determinados por espectrofotometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (Varian 720-ES).

As análises do C-total, N-total, foram realizadas por combustão via seca, com auxílio do analisador elementar (VARIO EL III - Elementar®) (Protásio et al., 2012). O conteúdo de nutrientes foi obtido pela multiplicação do teor de cada nutriente pela produtividade de biomassa.

## 2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett, e posteriormente foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando a relação entre o maior e menor quadrado médio do erro (QME) das análises individuais (por local e em blocos ao acaso) foi inferior a 4, realizou-se a análise por grupo de experimentos, aplicando-se o teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade. Quando esta relação entre os QME foi superior a 4, utilizou-se apenas a análise individual (por local), em blocos ao acaso, e o teste de Tukey para comparação das médias a 5% de probabilidade. Utilizou-se, ainda, correlação linear de Pearson entre as variáveis, utilizando-se o software SigmaPlot 12.0, que também foi utilizado para a construção dos gráficos. Para as outras análises estatísticas utilizou-se o software estatístico Assistat versão 7.7 beta.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados foi através de grupo de experimentos para produtividade de biomassa, poder calorífico superior e inferior e potencial energético, pois a relação entre o maior e o menor QME dos locais foi inferior a 4 vezes. Para as demais variáveis avaliadas que apresentaram essa relação maior que 4, os dados foram avaliados individualmente, através do delineamento em blocos ao acaso, por local de cultivo.

### 3.1 PRODUTIVIDADE DA BIOMASSA AÉREA DAS CULTIVARES DE AVEIA

Houve interação entre local de cultivo e cultivares para a produtividade de biomassa, com isso, pode-se afirmar que a genética das plantas foi o fator que determinou a adaptação em relação às características de fornecimento de nutrientes e condições climáticas durante o desenvolvimento da cultura.

As temperaturas médias observadas durante o desenvolvimento da cultura (Tabela 1) variaram entre 16,3 e 17,7 °C. De acordo com Primavesi et al. (2000) com o uso apropriado das cultivares desenvolvidas no Brasil, não há limitações de temperatura para seu cultivo, somente temperaturas acima de 38 °C no florescimento reduz o ciclo da planta, diminuindo, com isso, a produtividade de biomassa.

As elevadas produtividades observadas em todos os locais (Tabela 3) também foi devido à boa distribuição das chuvas durante período do cultivo (Tabela 1), o que supriu adequadamente a cultura, especialmente no início do ciclo. A aveia exige em torno de 400 e 600 mm de precipitação pluvial durante todo o desenvolvimento vegetativo, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento onde ocorre o estabelecimento da cultura a campo (Castro et al., 2012; Bacchi et al., 1996).

Tabela 3. Produtividade da biomassa aérea das cultivares de aveia em diferentes locais de cultivo na safra de 2012, (média de três repetições).

Cultivar	Biomassa seca (kg ha <sup>-1</sup> )									
	-----Local-----									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
<b>AGROCOXILHA</b>	7.303	bcABC**	8.666	abcA	6.864	cA	9.799	aABCD	9.128	abBC
<b>AGROIJUÍ</b>	7.840	aABC	8.326	aA	7.683	aA	9.316	aABCD	8.770	aBC
<b>AGROPLANALTO</b>	6.850	bABC	7.700	bA	7.199	bA	10.340	aAB	8.506	abBC
<b>AGROZEBU</b>	8.486	aAB	8.753	aA	6.472	bA	10.008	aABC	9.518	aAB
<b>EMBRAPA 29</b>	6.267	bBC	7.620	abA	5.711	bA	7.672	abDE	8.687	aBC
<b>FUNDACEP FAPA43*</b>	5.827	bC	8.211	aA	6.279	abA	6.478	abE	7.213	abC
<b>IAPAR 61</b>	7.267	bcABC	9.226	abA	7.077	cA	11.064	aA	7.806	bcBC
<b>IPR 126*</b>	9.036	abA	9.829	aA	7.383	bA	8.021	abCDE	8.728	abBC
<b>UPFA 21</b>	7.421	cABC	8.992	bcA	7.918	cA	10.642	abA	11.434	aA
<b>UTF IGUAÇU*</b>	6.227	bBC	8.638	aA	5.855	bA	8.194	aBCDE	7.709	abBC
<b>MÉDIA</b>	7.252		8.596		6.844		9.153		8.750	

\*Aveia branca. \*\*Valores seguidos de letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05), CV= 10,65.

A produtividade da maioria das cultivares variou com o local de cultivo, com exceção a cultivar AGROIJUÍ que teve a mesma produtividade nos cinco locais. Em geral, as maiores produtividades de biomassa das cultivares foram observadas em Castro-PR, com média geral de 9153 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). A aveia apresenta alta capacidade em se adaptar a baixas temperaturas, por ser uma espécie de clima temperado, o que justifica em parte esta alta produtividade. Também neste local, houve as maiores precipitações pluviométricas durante o ciclo de cultivo (Tabela 1), e é observado o maior teor de MO entre os locais (Tabela 2), o que pode ter proporcionado maior disponibilidade de N para as plantas, uma vez que em torno de 98% do N do solo está nesta fração (Marschner, 2012) e pode ser mineralizado para formas absorvíveis pelas plantas. Normalmente a aveia responde a adubação nitrogenada, obtendo respostas variáveis com relação ao local de cultivo e manejo (Acosta & Viau, 1994; Floss et al., 1996; Almeida et al., 1996).

Por outro lado, também se obteve elevada produção de biomassa das aveias cultivadas em Itaberá-SP, que está localizada em uma região de temperaturas mais elevadas, em uma menor altitude e onde ocorreu no período de cultivo uma menor

precipitação pluviométrica, 399 mm (Tabela 1), quando comparado às outras regiões de estudo. Isso pode ser explicado pelo fato de que no inverno essa região apresentou dias claros com alta luminosidade, o que favorece a capacidade de emissão de afilhos pela cultura, pois esses são afetados pela qualidade da luz recebida, produzindo, desta forma mais biomassa por hectare (Almeida & Mundstock, 2001).

As aveias cultivadas em Ponta Grossa-PR e Tibagi-PR apresentaram produtividade intermediária e a menor produtividade de biomassa foi observada para a região de Arapoti-PR, neste caso, mesmo recebendo adubação, devido à menor fertilidade do solo (Tabela 2). Essas variações de produtividade de biomassa demonstram que o ambiente de cultivo tem elevada influência no desenvolvimento da aveia, como foi observado também por Espitia et al. (2012).

A produtividade de biomassa não variou entre as cultivares em Arapoti e Tibagi, o que não ocorreu nos outros locais de estudo. As cultivares que se destacaram em produtividade para a região de Ponta Grossa, foram a IPR 126 e a AGROZEBU, em Itaberá a UPFA 21 e em Castro a IAPAR 61, UPFA 21 e a AGROPLANALTO. Em geral, dentre as cultivares com maiores produtividades de biomassa foram a AGROPLANALTO, IPR 126 e a UPFA 21. Por outro lado, as menos produtivas em geral foram a EMBRAPA 29 e a FUNDACEP FAPA 43.

A diferença entre os locais de cultivo foi menor que entre cultivares no mesmo local de cultivo. Entre locais a produtividade das cultivares variou em média 26%, enquanto entre cultivares, considerando as médias de todos os locais, a variação foi de 36%. Entre as cultivares a que menos variou com o local de cultivo foi a AGROIJUÍ (21%), indicando estabilidade genética em função da variação do ambiente de cultivo. Isso deve ser considerado na seleção de cultivares para a produção de biomassa para geração de energia, uma vez que quanto maior a produtividade, maior o potencial energético, e quanto menor a variabilidade na produtividade de biomassa, mais estável é a oferta de biomassa para a geração de energia.

### 3.2 PODER CALORÍFICO DA BIOMASSA AÉREA DAS CULTIVARES DE AVEIA

O PCS de todas as cultivares variaram com o local de cultivo (Tabela 4). No geral, os valores de PCS foram maiores em Tibagi-PR e menores em Itaberá-SP, e variaram entre 17,2 até 18,4 MJ kg<sup>-1</sup>, o que significa que, quando comparada com outras biomassas para energia, a biomassa da aveia possui potencial para utilização

como biocombustível. Esses valores são bem próximos aos observados para o bagaço de cana de 18,4 MJ kg<sup>-1</sup> (Lora & Ayarza, 2008), resíduos de caule e vagem da soja de 16,47 MJ kg<sup>-1</sup> (Paula et al., 2011) e concordam com Garcia et al., (2012) que obtiveram PCS de 18,05 MJ kg<sup>-1</sup> para resíduos de palha de aveia branca.

As cultivares variaram quanto ao PCS em Ponta Grossa e Itaberá, enquanto nos demais locais foram iguais entre si (Tabela 4). Os menores valores de PCS foram observados em Itaberá-SP. Essa variação pode ser explicada pelo elevado teor de cinzas observada nesse local, 11% (Tabela 8), que fez diminuir o PCS da maioria dos genótipos avaliados nesse local de cultivo. Considerando todas as cultivares e locais de cultivo, o PCS correlacionou-se negativamente com o teor de cinzas (Figura 4), o que concorda com outros autores (Allica et al., 2001; Sheng & Azevedo, 2005; Protásio et al., 2012; Reis et al., 2012). Isto ocorre porque o maior teor de cinzas (óxidos minerais) indica menor quantidade de materiais orgânicos por unidade de massa.

A pouca variação do PCS encontrada nesse estudo pode ser atribuída à pequena amplitude nos teores de C encontrados nas biomassas avaliadas (Tabela 10), gerando baixa correlação entre estes dois parâmetros. O teor de C é uma variável importante, que influencia diretamente o PCS dos materiais lignocelulósicos devido a sua alta densidade energética (Demirbas & Demirbas, 2004; Sheng & Azevedo, 2005; Protásio et al., 2011). Com isso, pode-se dizer que o PCS apresenta pequena variação entre materiais genéticos (cultivares) dentro da mesma espécie, assim como também foi observado por Pierre (2014) para diferentes manejos do solo e níveis de adubação.

Tabela 4. Poder calorífico superior da biomassa aérea das cultivares de aveia em diferentes locais de cultivo na safra de 2012, (média de três repetições).

Cultivar	Poder Calorífico Superior (MJ kg <sup>-1</sup> )									
	-----Local-----									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	17,8	bcAB**	18,2	aA	17,7	bcA	18,2	abA	17,4	cBC
AGROIJUÍ	18,4	abA	18,0	aA	17,8	bcA	18,0	aA	17,5	cABC
AGROPLANALTO	18,1	aAB	18,3	aA	17,8	aA	18,3	aA	17,2	bBC
AGROZEBU	18,0	abAB	18,3	aA	17,7	bcA	18,1	abA	17,2	cC
EMBRAPA 29	17,4	bB	18,1	aA	17,7	bA	18,0	aA	17,6	bABC
FUNDACEPFAPA43*	18,4	abA	18,0	aA	18,1	abA	18,3	abA	17,9	bAB
IAPAR 61	17,9	bAB	18,1	aA	18,0	abA	17,8	bA	17,7	bABC
IPR 126*	18,0	abAB	18,4	aA	17,7	bA	18,2	abA	17,7	bABC
UPFA 21	17,9	bcAB	18,0	aA	18,0	abcA	18,2	abA	17,6	cABC
UTF IGUAÇU*	18,0	bAB	18,2	aA	18,0	abA	18,1	abA	18,1	abA
MÉDIA	17,9		18,1		18,0		18,1		17,1	

\*Aveia branca. \*\*Valores seguidos de letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05), CV= 1,46.

Figura 3. Relação entre o PCS (kcal kg<sup>-1</sup>) com os teores de cinzas (%) (a) e carbono fixo (%) (b), da biomassa aérea das cultivares de aveia em diferentes locais de cultivo.

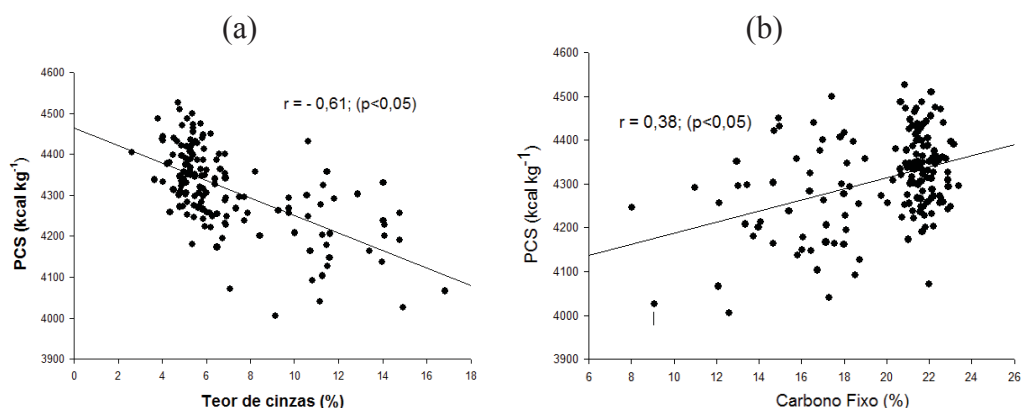


Tabela 5. Poder calorífico inferior da biomassa aérea das cultivares de aveia em diferentes locais de cultivo na safra de 2012, (média de três repetições).

Cultivar	Poder Calorífico Inferior (MJ kg <sup>-1</sup> )									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	16,3	bcAB**	17,0	aA	16,2	bcA	16,0	cABC	16,8	abA
AGROIJUÍ	16,9	abA	17,1	aA	16,4	bcA	16,1	cABC	17,0	abA
AGROPLANALTO	16,6	aAB	16,9	aA	16,4	abA	15,8	bBC	16,8	aA
AGROZEBU	16,6	abAB	16,9	aA	16,2	bcA	16,8	cC	16,7	abA
EMBRAPA 29	16,0	bB	17,1	aA	16,3	bA	16,2	bABC	17,0	aA
FUNDACEP FAPA43*	17,0	aA	17,1	aA	16,7	aA	16,5	aAB	16,9	aA
IAPAR 61	16,5	abAB	17,1	aA	16,6	abA	16,3	bABC	16,4	bA
IPR 126*	16,6	abAB	17,0	aA	16,3	bA	16,3	bABC	16,8	abA
UPFA 21	16,4	bcAB	17,1	aA	16,6	abcA	16,2	cABC	16,8	abA
UTF IGUAÇU*	16,5	bAB	17,2	aA	16,6	abA	16,7	abA	16,7	abA
MÉDIA	16,5		17,0		16,4		16,3		16,8	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente (Tukey;  $p < 0,05$ ).

A maioria das cultivares variaram o PCI com a alteração do local de cultivo, com exceção apenas da cultivar FUNDACEP FAPA 43 (Tabela 5).

No geral, os valores de PCI foram maiores em Tibagi-PR e menores em Castro-PR, com uma amplitude de 15,8 até 17,0 MJ kg<sup>-1</sup>. As cultivares variaram quanto ao PCI em Ponta Grossa-PR e Castro-PR e nas demais regiões foram iguais entre si. O PCI variou de forma semelhante ao PCS (Tabela 4), fato esperado, uma vez que o que diferencia ambos é o teor de H que foi considerado constante em 6,3% para todos os tratamentos.

### 3.3 POTENCIAL TEÓRICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA DA BIOMASSA AÉREA DAS CULTIVARES DE AVEIA

Em geral, o maior potencial energético das cultivares de aveia foi observado em Castro e Itaberá (Tabela 6), onde também ocorreram as maiores produtividades de biomassa (Tabela 2).

O menor potencial energético foi observado em Arapoti-PR, o menos produtivo dos locais avaliados. A maioria das cultivares variou o seu potencial energético dependendo do local de cultivo, com exceção apenas da AGROIJUÍ (Tabela 6), pois foi a única cultivar que mostrou estabilidade genética em função da variação do ambiente de cultivo, como foi também, observado para a produtividade de biomassa, o que deve ser considerado na escolha das mesmas para a produção de biomassa e geração de energia.

Em Tibagi-PR e Arapoti-PR o potencial energético foi semelhante entre as cultivares avaliadas, o que não ocorreu para as outras regiões de estudo (Tabela 6), resultado igual ao observado para a produtividade de biomassa (Tabela 3). As cultivares mais produtivas foram as com maior potencial energético, destacando-se em Ponta Grossa-PR a IPR 126 e em Itaberá e Castro a UPFA 21.

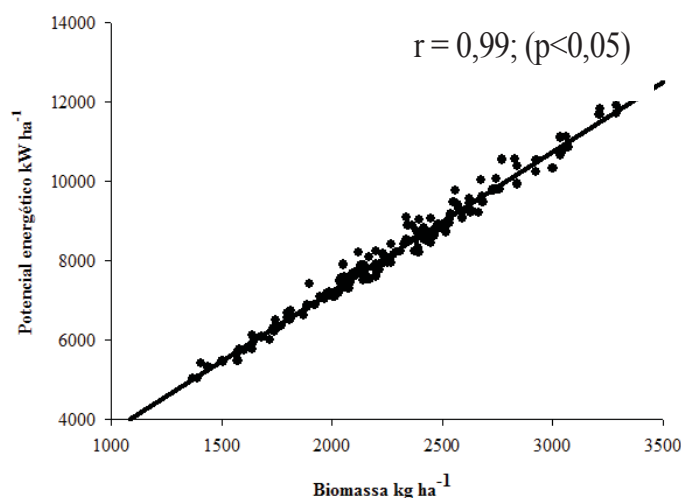
O potencial energético dos diferentes genótipos de aveia seguiu o mesmo padrão observado para a produtividade de biomassa, ou seja, quanto maior foi a produtividade de biomassa, maior foi a potencial teórico de produção de energia (Figura 4). Dessa forma, o potencial energético das biomassas é afetado pelo local de cultivo e pelas práticas culturais adotadas, ou seja, o manejo do solo e a adubação tiveram efeito sobre a quantidade de biomassa produzida, e não sobre a qualidade dessa biomassa.

Tabela 6. Potencial teórico de geração de energia da biomassa aérea das cultivares de aveia em diferentes locais de cultivo na safra de 2012, (média de três repetições).

Cultivar	Potencial teórico de geração de energia (kWh ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	1.985	bcABC**	2.502	abA	1.862	cA	2.431	abB	2.746	aABC
AGROIJUÍ	2.214	aABC	2.373	aA	2.104	aA	2.347	aB	2.652	aABC
AGROPLANALTO	1.905	bABC	2.171	bA	1.972	bA	2.248	bB	2.902	aAB
AGROZEBU	2.350	aAB	2.473	aA	1.754	bA	2.510	aAB	2.799	aABC
EMBRAPA 29	1.675	bcC	2.179	abA	1.557	cA	2.350	aB	2.183	abCD
FUNDACEP FAPA 43*	1.651	bC	2.342	aA	1.752	bA	1.984	abB	1.825	abD
IAPAR 61	1.997	cABC	2.632	abA	1.958	cA	2.127	bcB	3.030	aA
IPR 126*	2.505	abA	2.783	aA	2.012	bA	2.371	abB	2.247	abCD
UPFA 21	2.036	bABC	2.556	abA	2.192	bA	3.091	aA	2.981	aA
UTF IGUAÇU*	1.721	bBC	2.474	aA	1.623	bA	2.145	abB	2.280	aBCD
MÉDIA	2.004		2.449		1.879		2.360		2.565	

\*Aveia branca. \*\*Valores seguidos de letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05), CV= 10,85.

Figura 4. Relação entre potencial teórico de geração de energia ( $\text{kWh ha}^{-1}$ ) e produtividade de biomassa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da biomassa aérea das cultivares de aveia, em cinco locais de cultivo.



### 3.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA AÉREA DAS CULTIVARES DE AVEIA

#### 3.4.1 Teor de materiais voláteis

O teor de materiais voláteis (MV), que representa a fração da biomassa que oxida na forma gasosa, ou seja, na forma de chama (Silva, 2001), não variou entre as cultivares em todos os locais avaliados, com valor médio de 74,0 % (Tabela 7). Esse teor encontrado para as aveias é semelhante ao encontrado para outras biomassas utilizadas para energia, tais como sorgo (77,2 %), palha de milho (73,1 %), cascas de café (76,5%) e palha de trigo (74,8 %) (Vassilev & Vassileva, 2009).

Combustíveis de biomassa geralmente possuem alto teor de voláteis, podendo variar de 75% até 90% (Khan et al., 2009) por isso queimam facilmente mesmo a temperaturas relativamente baixas (Tan & Lagerkvist, 2011; García et al., 2012), podendo, desta forma afetar o processo de combustão, sendo de difícil controle do mesmo (Souza, 2012). Garcia et al. (2012) encontraram para resíduos de aveia 72 % de MV, e para a aveia em farelo de 78%, enquanto que Theis et al. (2006) encontraram 80,5 % para resíduos de palha de aveia, valor mais elevado que os encontrados neste experimento.

### 3.4.2 Teor de cinzas

O teor de cinzas não variou entre as cultivares em Ponta Grossa-PR, Castro-PR e Itaberá-SP (Tabela 8). Entretanto, a cultivar AGROPLANALTO apresentou maior teor de cinzas em Tibagi e Arapoti, enquanto a aveia branca FUNDACEP FAPA 43 teve os menores teores em ambos os locais, e a UPFA 21 em Arapoti. As cinzas são óxidos minerais inertes obtidas da combustão da biomassa, e podem originar-se de elementos minerais já presentes na biomassa ou de impurezas incorporadas ao material durante a colheita ou manuseio. Quando em elevados teores podem diminuir o poder calorífico e causar perda de energia (Strehler, 2000; Silva et al., 2014).

As cinzas agregam todos os elementos que não são relevantes nas reações de combustão como o potássio, fósforo, cálcio, silício, cobre, zinco, magnésio e ferro (Nogueira & Rendeiro, 2008). A quantidade de folhas em relação à de colmo, também pode afetar o teor de cinzas em cada cultivar. Segundo Singh et al. (2012), as folhas de sorgo apresentam mais que o triplo de cinzas em relação ao colmo, e o mesmo é observado para outras biomassas (Eloy, 2015).

Biomassa agrícola contém maiores rendimentos de cinzas, ou seja, é cerca de 50 vezes maior do que a maioria das biomassas florestais (Cuiping et al., 2004). Isto se deve, ao fato que, culturas agrícolas, entre outros fatores, recebem altas doses de fertilizantes, que são muito importantes para alguns elementos como Cl, K, N, P, e alguns elementos traço (Van Loo & Koppejan, 2008; Vassilev & Braekman-Danheux, 1999; Obernberger et al., 1997).

Houve correlação negativa entre o teor de cinzas com o teor de MV e CF (Figura 5), ou seja, há uma tendência de maiores valores de cinzas estarem associados a menores valores de MV e CF. Vassilev et al. (2010) também encontraram correlações negativas entre os teores CF e MV com o teor de cinzas estudando 78 diferentes variedades de biomassa, corroborando com o presente trabalho.

Tabela 7. Teor de materiais voláteis da biomassa aérea das cultivares de aveia em diferentes locais de cultivo na safra de 2012, (média de três repetições).

Cultivar	Teor de materiais voláteis (%)									
	Local									
	Ponta Grossa-PR	Tibagi-PR	Arapoti-PR	Castro-PR	Itaberá-SP					
AGROCOXILHA	73,7	a**	73,4	a	73,8	a	77,2	a	70,4	a
AGROIJUÍ	74,0	a	73,7	a	73,3	a	75,5	a	71,5	a
AGROPLANALTO	74,1	a	73,1	a	72,3	a	72,5	a	70,9	a
AGROZEBU	72,1	a	72,5	a	72,6	a	71,7	a	73,5	a
EMBRAPA 29	71,9	a	73,3	a	72,3	a	75,7	a	73,1	a
FUNDACEP FAPA 43*	71,4	a	73,1	a	73,3	a	76,6	a	74,5	a
IAPAR 61	73,5	a	72,8	a	74,4	a	75,8	a	74,6	a
IPR 126*	75,6	a	73,1	a	73,0	a	74,3	a	77,8	a
UPFA 21	71,5	a	73,1	a	73,4	a	74,8	a	71,5	a
UTF IGUAÇU*	74,5	a	73,0	a	73,2	a	72,9	a	75,6	a
MÉDIA	73,2		73,1		73,0		74,7		73,3	
CV%	3,09		0,72		1,64		4,55		4,49	

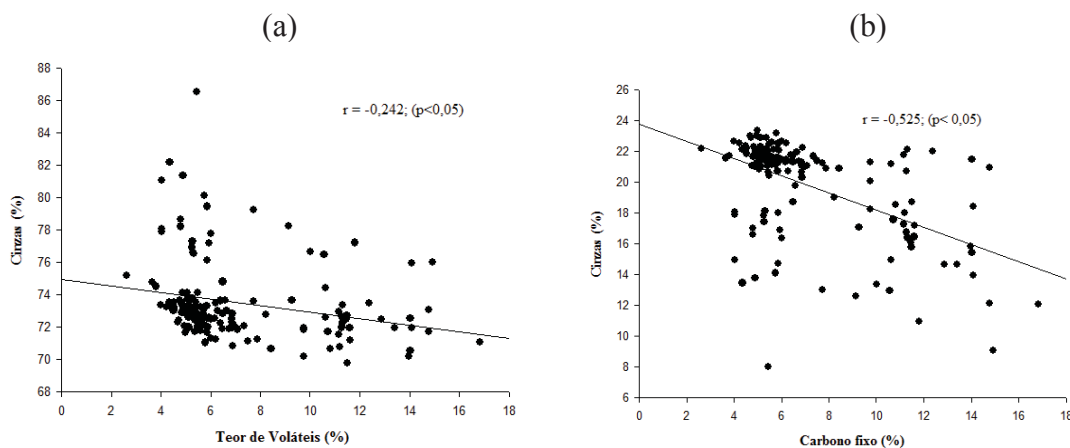
\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey;  $p < 0,05$ ).

Tabela 8. Teor de cinzas da biomassa aérea das cultivares de aveia em diferentes locais de cultivo na safra de 2012, (média de três repetições).

Cultivar	Teor de cinzas (%)									
	Local									
	Ponta Grossa-PR	Tibagi-PR	Arapoti-PR	Castro-PR	Itaberá-SP					
AGROCOXILHA	7,4	a**	5,0	abc	8,7	abcd	4,6	a	12,4	a
AGROIJUÍ	6,3	a	5,0	abc	11,6	ab	5,4	a	11,0	a
AGROPLANALTO	6,4	a	5,9	a	11,7	a	5,4	a	12,6	a
AGROZEBU	6,4	a	5,5	abc	11,0	abc	5,5	a	12,7	a
EMBRAPA 29	6,9	a	5,1	abc	6,1	cd	4,9	a	11,5	a
FUNDACEP FAPA 43*	6,0	a	4,4	c	4,8	d	5,2	a	11,3	a
IAPAR 61	5,8	a	5,2	abc	6,5	abcd	5,4	a	9,6	a
IPR 126*	5,3	a	4,5	bc	6,2	bcd	3,7	a	8,7	a
UPFA 21	7,4	a	5,8	ab	4,8	d	5,2	a	11,7	a
UTF IGUAÇU*	5,3	a	5,4	abc	5,8	cd	5,1	a	11,0	a
MÉDIA	6,0		5,0		8,0		5,0		11,0	
CV%	17,78		8,88		24,10		14,03		22,48	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey;  $p < 0,05$ ).

Figura 5. Relação entre o teor de cinzas (%) com o teor de materiais voláteis (%) (a) e de carbono fixo (%) (b), de cultivares de aveia em cinco locais de cultivo.



### 3.4.3 Teor de carbono fixo

Para o teor de carbono fixo - CF das amostras, que representa a fração da biomassa com combustão sólida, ou seja, queima na forma de brasa, e é responsável

pela maior contribuição no poder calorífico (Silva, 2001), não houve variação entre as cultivares, em todos os locais de cultivo. Foi observado o menor teor de CF em Itaberá-SP que em contrapartida teve o maior teor de cinzas e, conseqüentemente, o menor PCS.

Os níveis esperados de carbono fixo em resíduos de biomassa variam entre 7% e 20% (Yao et al., 2005). O CF se refere à massa remanescente após a liberação de compostos voláteis, excluindo o teor de cinzas (Telmo et al., 2010).

Tabela 9. Teor de carbono fixo da biomassa aérea das cultivares de aveia em diferentes locais de cultivo na safra de 2012, (média de três repetições).

Cultivar	Teor de carbono fixo (%)									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	18,9	a**	21,6	a	20,1	a	18,2	a	17,3	a
AGROJUÍ	19,7	a	21,3	a	22,0	a	19,2	a	17,5	a
AGROPLANALTO	19,5	a	21,0	a	21,2	a	22,1	a	16,5	a
AGROZEBU	21,5	a	22,0	a	21,1	a	22,8	a	13,9	a
EMBRAPA 29	21,2	a	21,6	a	21,3	a	19,4	a	15,3	a
FUNDACEP FAPA 43*	22,6	a	22,5	a	21,8	a	18,1	a	14,2	a
IAPAR 61	20,7	a	22,0	a	19,8	a	18,8	a	15,8	a
IPR 126*	19,0	a	22,4	a	21,7	a	22,0	a	13,6	a
UPFA 21	21,1	a	21,1	a	21,3	a	20,0	a	16,8	a
UTF IGUAÇU*	20,2	a	21,6	a	21,3	a	22,0	a	13,4	a
MÉDIA	20,4		21,7		21,1		20,2		15,0	
CV%	12,46		2,42		4,95		15,46		19,08	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey;  $p < 0,05$ ).

Theis et al. (2006) encontram valores de CF para resíduos de palha de aveia de 13,6 %, enquanto García et al. (2012) encontraram valores para aveia em farelo de 18,85%, e para resíduos de palha de aveia encontram 20,67%, o que concorda com os dados encontrados. É desejável na análise química imediata que a biomassa tenha elevado teor de carbono fixo e baixos teores de materiais voláteis e cinzas para fins energéticos, isso porque, essas variáveis apresentam correlações significativas com o PCS, ou seja, quanto maior for o CF e menor for os teores de MV e cinzas maior é o PCS do combustível (Trugilho & Silva, 2001).

### 3.5 COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DA BIOMASSA AÉREA DA AVEIA

A qualidade da biomassa utilizada para energia depende da sua composição mineral, que pode interferir substancialmente na produção de energia através da redução da eficiência das instalações de conversão de biomassa (Tillman, 2000; Jenkins et al., 1998) diminuindo o PCS durante a combustão (Jenkins et al., 1998).

### 3.5.1 Teor de nutrientes da biomassa aérea das aveias

O teor de macro e micronutrientes avaliado na biomassa de cultivares de aveia encontra-se expressas nas Tabelas 10 a 19.

Houve diferenças entre os genótipos avaliados para o teor de nitrogênio em Tibagi-PR, para os teores de cálcio, magnésio, alumínio e boro em Ponta Grossa-PR, para os teores de cálcio, magnésio, potássio, alumínio, cobre e zinco em Itaberá-SP, para os teores de nitrogênio, cálcio, cobre, manganês e zinco em Arapoti-PR e nos teores de ferro em Castro-PR.

Os genótipos diferiram no conteúdo de carbono em Tibagi-PR, no conteúdo de carbono, cálcio, magnésio, alumínio e boro em Ponta Grossa-PR, no de carbono, cálcio, cobre, ferro, manganês e zinco em Castro-PR e em Itaberá-SP somente o conteúdo de ferro não variou.

O teor de C não variou entre as cultivares em todos os locais avaliados (Tabela 10), com valores médios variando entre 41,94 até 43,29%. Estes valores são inferiores aos obtidos por Theis et al. (2006) que encontram o teor de 48,8% na palhada da aveia, porém similares aos 42,2% encontrados por Pierre (2014) na biomassa residual de aveia branca.

Para a produção de bioenergia é desejável que a biomassa apresente altos teores de C, devido às correlações existentes entre os componentes elementares e o PCS (Protásio et al., 2011). Entretanto, combustíveis de biomassa, quando comparados com combustíveis fósseis, que apresentam cerca de 55 a 95% de C em sua composição, apresentam baixos teores desse elemento, o que reflete no menor valor de PCS.

Tabela 10. Teor de carbono na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de carbono (%)				
	Local				
	Ponta Grossa-PR	Tibagi-PR	Arapoti-PR	Castro-PR	Itaberá-SP
AGROCOXILHA	42,50 a**	43,92 a	42,75 a	43,46 a	41,79 a
AGROIJUÍ	42,61 a	43,70 a	43,23 a	42,85 a	42,34 a
AGROPLANALTO	42,17 a	42,82 a	43,41 a	42,71 a	41,80 a
AGROZEBU	42,18 a	43,58 a	42,85 a	43,05 a	41,87 a
EMBRAPA 29	42,43 a	43,87 a	42,93 a	43,38 a	42,44 a
FUNDACEP FAPA 43*	38,30 a	43,64 a	43,96 a	43,13 a	43,47 a
IAPAR 61	42,50 a	43,64 a	43,51 a	42,94 a	42,03 a
IPR 126*	41,76 a	43,54 a	43,57 a	42,97 a	42,97 a
UPFA 21	42,78 a	43,44 a	43,42 a	43,48 a	42,02 a
UTF IGUAÇU*	41,94 a	42,80 a	43,22 a	42,95 a	43,59 a
MÉDIA	41,94	43,00	43,29	43,10	42,43
CV%	5,01	1,32	1,02	1,42	1,51

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey;  $p < 0,05$ ).

O teor de N variou entre os genótipos apenas em Tibagi-PR e Arapoti-PR (Tabela 11). Theis et al. (2006) encontram o teor de 0.5% de nitrogênio elementar na palhada da aveia, mesmo valor encontrado por Pierre (2014) na biomassa residual de aveia branca

Tabela 11. Teor de nitrogênio na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de nitrogênio (%)									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	2,15	a**	2,20	ab	1,88	ab	1,15	a	2,17	a
AGROIJUI	1,77	a	2,41	a	1,87	ab	1,50	a	2,30	a
AGROPLANALTO	1,89	a	2,08	ab	2,37	a	1,49	a	2,36	a
AGROZEBU	2,00	a	1,84	ab	1,85	ab	1,27	a	2,30	a
EMBRAPA 29	2,33	a	2,50	a	1,99	ab	1,42	a	2,38	a
FUNDACEP FAPA 43*	2,19	a	1,95	ab	1,72	ab	1,71	a	2,15	a
IAPAR 61	1,40	a	1,68	ab	1,87	ab	1,21	a	1,80	a
IPR 126*	1,62	a	1,44	b	1,61	b	1,20	a	1,71	a
UPFA 21	2,29	a	2,03	ab	1,67	ab	1,31	a	2,18	a
UTF IGUAÇU*	1,76	a	1,90	ab	1,73	ab	1,45	a	1,83	a
MÉDIA	1,94		2,00		1,86		1,37		2,12	
CV%	18,21		16,19		13,48		25,36		12,27	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey;  $p < 0,05$ ).

As maiores concentrações de N na biomassa foram encontradas nas cultivares AGROIJUI e EMBRAPA 29 cultivadas em Tibagi-PR e na cultivar AGROPLANALTO em Arapoti-PR e a menor concentração foi para a IPR 126 nos dois locais de cultivo. Esta cultivar, em todos os locais, mesmo sem diferença significativa, foi a que apresentou o menor ou um dos menores teores de N, o que indica sua baixa eficiência na absorção deste nutriente do solo.

Em Arapoti foi aplicado  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de uréia e  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo misto NPK (10:30:10) antes do plantio, devido à baixa fertilidade do solo (Tabela 2). No entanto, mesmo com a adubação, os teores de N encontrados na biomassa estão entre os menores entre os locais avaliados. Esse resultado provavelmente ocorreu pelo fato que, na fase inicial do desenvolvimento da cultura a campo (maio e junho), ocorreu elevada precipitação pluviométrica (Tabela 1), o que pode ter favorecido a lixiviação do N (Bortolini et al. 2002; Silva et al. 2009), que pode ter sido potencializada pela textura média do solo do local do ensaio (Tabela 2).

O teor de nitrogênio em materiais para combustão contribui para as emissões de compostos tóxicos e poluentes da atmosfera (García et al., 2012 Jenkins et al., 1998; Lewandowski & Kicherer, 1997), formando principalmente óxidos de nitrogênio que são o principal motivo do impacto ambiental negativo da queima da biomassa

(Bilgen & Kaygusuz, 2008; Kumar et al., 2010). Sendo assim, são desejáveis baixos teores desse composto elementar na biomassa para utilização energética. O teor médio de N encontrado na aveia (Tabela 10) é inferior aos obtidos em maravalha de eucalipto, pinus e cedro de 6,36, 6,65, 6,26 % respectivamente e também do bagaço de cana-de-açúcar, resíduos do processamento do café (casca e pergaminho) e da colheita do milho (palha, sabugo, caule e folhas) e casca de arroz de 6,34, 6,38, 6,43 e 5,12%, respectivamente (Protásio et al., 2011).

Os teores de P (Tabelas 12), também não variaram entre as cultivares em todos os locais de cultivo. Os teores variaram em média de 0,98 a 1,45 g kg<sup>-1</sup> sendo similares ao obtido por Calegari (1990) de 1,0 g kg<sup>-1</sup>, porém inferiores ao relatado por McDonald & Wilson (1980) de 2,4 g kg<sup>-1</sup> e superiores aos de Pierre (2014) de 0,15 g kg<sup>-1</sup> na biomassa de aveia branca. Primavesi et al. (2015) encontraram teores de P na forragem de aveia de 1,8 a 2,2 g kg<sup>-1</sup>.

Tabela 12. Teor de fósforo na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de fósforo (g kg <sup>-1</sup> )									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	1,30	a**	1,90	a	1,08	a	0,97	a	1,36	a
AGROJUÍ	1,39	a	1,71	a	0,95	a	0,58	a	1,34	a
AGROPLANALTO	1,45	a	1,47	a	1,15	a	1,08	a	1,21	a
AGROZEBU	1,12	a	1,00	a	1,06	a	1,04	a	1,10	a
EMBRAPA 29	1,30	a	1,73	a	1,17	a	1,24	a	1,32	a
FUNDACEP FAPA 43*	1,63	a	1,31	a	0,96	a	1,27	a	0,98	a
IAPAR 61	1,12	a	1,20	a	1,25	a	0,96	a	1,07	a
IPR 126*	1,30	a	1,20	a	1,20	a	0,79	a	1,00	a
UPFA 21	1,38	a	1,53	a	0,80	a	0,92	a	1,32	a
UTF IGUAÇU*	1,46	a	1,43	a	1,14	a	0,90	a	1,16	a
MÉDIA	1,35		1,45		1,08		0,98		1,19	
CV%	13,52		24,42		22,72		27,07		15,64	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

A análise de P disponível no solo nos cinco locais de cultivo (Tabela 2) mostra que os níveis são considerados médios, pois se encontram entre 15 - 40 g dm<sup>-3</sup> (Pavan & Miyazawa, 1996). Esperam-se maiores variações nos teores desse nutriente na biomassa para teores baixos de P no solo, do que em níveis classificados médios a altos (Tomé Junior, 1997). Isso porque níveis adequados de P no solo suprem a quantidade necessária à cultura, independente da variação na eficiência de absorção deste nutriente pelas diferentes cultivares. Ferreira et al. (2003) constataram uma relação direta para o elemento fósforo quanto aos teores deste elemento nas folhas e sua disponibilidade no solo.

O teor de K (Tabela 13) variou entre as cultivares somente em Itaberá-SP, sendo que a cultivar que apresentou maior concentração desse nutriente foi a AGROZEBU e a UPFA 21 e a menor concentração desse nutriente foi observado para a UTF IGUAÇU e IPR 126. Meinerz et al. (2011), avaliando minerais na biomassa de genótipos de cereais de inverno, também observaram pouca variabilidade no teor de K. Han et al. (2011) relataram concentrações de K mais baixos em maturidade tardia em cultivares de sorgo sacarino em comparação com cultivares de ciclo precoce, contudo, não foi o que aconteceu nesse experimento, já que as cultivares com maiores e menores teores desse nutriente são de ciclo tardio. Entretanto em milho, Jaremtchuk et al. (2006) encontraram diferenças significativas nos teores de potássio avaliados em diferentes genótipos de milho com aptidão para silagem.

Calegari (1990) constatou a concentração de K na biomassa da aveia de 16 g kg<sup>-1</sup> o que é o valor mais próximo aos encontrados nesse experimento, enquanto McDonald & Wilson (1980) encontraram teores de 27,9 g kg<sup>-1</sup>, que diferem dos encontrados por Primavesi et al. (2015) que ficaram entre 34,2 a 36,0 g kg<sup>-1</sup> e Pierre (2014) que encontrou teor de de 21,0 g kg<sup>-1</sup> na biomassa da aveia branca.

Para o teor de Ca (Tabela 14), pode-se constatar diferença entre as cultivares em Ponta Grossa-PR, Itaberá-SP e Arapoti-PR, sendo que as maiores concentrações foram encontradas nas cultivares AGROIJUÍ, AGROPLANALTO e UPFA 21 em Ponta Grossa-PR, UPFA 21 em Itaberá-SP e na AGROCOXILHA e IAPAR 61 em Arapoti-PR. E quanto aos maiores teores de Mg (Tabela 14) foi verificado na cultivar UPFA 21 em Ponta Grossa-PR e Itaberá-SP.

McDonald & Wilson (1980) relataram teores de Ca em aveia de 3,9 g kg<sup>-1</sup>, enquanto Primavesi et al. (2015) encontram teores de 4,0 a 5,0 g kg<sup>-1</sup> em aveia forrageira e Pierre (2014) encontrou teor de 2,0g kg<sup>-1</sup> que são valores mais próximos aos encontrados nesse estudo (2,7 g kg<sup>-1</sup>).

Para o os teores de Mg na biomassa da aveia, encontram teores de 1,1 g kg<sup>-1</sup>, contra 3,7 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente e Pierre, (2014) encontrou teor de 1,5 g kg<sup>-1</sup>, que são valores mais próximos aos encontrados nesse estudo (1,4 g kg<sup>-1</sup>).

Não foi possível uma clara distinção entre os genótipos e o ambiente de cultivo sobre a concentração de Ca e Mg nas aveias, contudo, pode-se perceber que, no geral, as cultivares de aveia branca, especialmente a FUNDACEP FAPA 43, apresentaram os menores teores dos dois nutrientes.

Tabela 13. Teor de potássio na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de potássio (g kg <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	20,57	a**	13,48	a	20,66	a	14,35	a	22,63	ab
AGROIJUÍ	19,03	a	14,36	a	18,33	a	9,58	a	23,21	ab
AGROPLANALTO	20,17	a	16,62	a	20,11	a	14,79	a	22,03	abc
AGROZEBU	19,81	a	14,97	a	20,29	a	15,63	a	24,71	a
EMBRAPA 29	21,77	a	14,07	a	19,65	a	15,03	a	21,50	abc
FUNDACEP FAPA 43*	21,80	a	13,61	a	15,92	a	17,89	a	20,26	abc
IAPAR 61	18,71	a	12,56	a	18,73	a	17,13	a	17,93	abc
IPR 126*	17,24	a	14,36	a	16,90	a	10,41	a	15,47	c
UPFA 21	22,52	a	16,66	a	16,62	a	13,46	a	23,96	a
UTF IGUAÇU*	17,37	a	15,66	a	16,89	a	15,52	a	16,86	bc
MÉDIA	19,90		14,64		18,41		14,38		20,86	
CV%	12,56		14,17		11,76		28,55		11,33	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 14. Teor de cálcio na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de cálcio (g kg <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	2,73	ab**	2,99	a	3,63	a	2,50	a	3,62	ab
AGROIJUÍ	3,14	a	2,79	a	2,82	abc	1,77	a	3,00	ab
AGROPLANALTO	3,22	a	2,97	a	3,42	ab	3,26	a	4,34	ab
AGROZEBU	2,78	ab	2,00	a	3,31	ab	2,76	a	3,97	ab
EMBRAPA 29	2,66	ab	2,89	a	3,22	ab	3,16	a	3,57	ab
FUNDACEP FAPA 43*	1,89	b	1,67	a	1,61	c	1,84	a	2,01	b
IAPAR 61	2,65	ab	2,09	a	3,69	a	2,17	a	4,26	ab
IPR 126*	1,94	b	2,19	a	2,42	abc	1,82	a	3,14	ab
UPFA 21	3,40	a	2,86	a	2,69	abc	2,88	a	4,66	a
UTF IGUAÇU*	1,78	b	1,85	a	2,09	bc	2,15	a	2,16	ab
MÉDIA	2,62		2,43		2,89		2,43		3,47	
CV%	13,93		30,08		16,78		23,82		25,07	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 15. Teor de magnésio na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de magnésio (g kg <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	1,36	ab**	1,81	a	1,67	a	1,20	a	1,34	ab
AGROIJUÍ	1,45	ab	1,98	a	1,51	a	0,94	a	1,26	abc
AGROPLANALTO	1,39	ab	1,97	a	1,63	a	1,46	a	1,34	ab
AGROZEBU	1,40	ab	1,57	a	1,69	a	1,30	a	1,34	ab
EMBRAPA 29	1,40	ab	1,91	a	1,60	a	1,50	a	1,25	abc
FUNDACEP FAPA 43*	1,19	b	1,66	a	1,35	a	1,26	a	0,92	d
IAPAR 61	1,31	ab	1,30	a	1,73	a	1,21	a	1,29	abc
IPR 126*	1,17	b	1,60	a	1,42	a	1,13	a	1,01	cd
UPFA 21	1,51	a	1,91	a	1,43	a	1,33	a	1,54	a
UTF IGUAÇU*	1,19	b	1,48	a	1,36	a	1,33	A	1,09	bcd
MÉDIA	1,34		1,72		1,54		1,27		1,24	
CV%	7,95		22,52		12,02		22,73		8,94	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Os elementos Ca e Mg são antagonísticos quanto a translocação nos tecidos das plantas e competem pelo mesmo sítio de absorção, por isso, ambos nutrientes

devem estar em equilíbrio nas suas relações, tanto nos tecidos vegetais quanto no solo, para não ocorrer o desbalanço nutricional nas plantas (Rosolem et al., 1984).

Elevadas concentrações de metais alcalinos, como o K, e alcalino-terrosos, como o Ca e Mg, em conjunto com outros elementos como S na biomassa, pode causar problemas na combustão, através de incrustação e corrosão das caldeiras e diminuíam a eficiência nos sistemas de combustão (Werther et al., 2000; Baxter, 1993; Allica et al., 2001), contudo, não houve correlação significativa entre os teores dos nutrientes com o teor de cinzas: K ( $r = 0,36$ ), P ( $r = 0,12$ ), N ( $r = 0,40$ ), Ca ( $r = 0,40$ ), Mg ( $r = 0,40$ ), Zn ( $r = 0,34$ ), Cu ( $r = 0,38$ ), Fe ( $r = 0,12$ ): e com o PCS da biomassa da aveia K ( $r = 0,004$ ), P ( $r = 0,15$ ), N ( $r = 0,15$ ), Ca ( $r = 0,00$ ), Mg ( $r = -0,13$ ), Zn ( $r = -0,05$ ), Cu ( $r = 0,04$ ), Fe ( $r = 0,12$ ), Mn ( $r = -0,13$ ), C ( $r = -0,01$ ).

Para o teor de Cu (Tabela 17) pode-se constatar diferenças nos teores em Itaberá-SP e em Arapoti-PR, sendo que as cultivares que apresentaram maior concentração desse nutriente em sua biomassa foram as AGROCOXILHA, AGROPLANALTO, AGROZEBU, IAPAR 61, UPFA 21 e em Arapoti-PR foi a AGROCOXILHA, e as menores concentrações desse nutriente são observadas nas cultivares de aveia branca IPR 126, FUNDACEP FAPA 43 e UTF IGUAÇU. As concentrações de cobre avaliadas na biomassa das aveias nos diferentes locais de cultivo são próximas as concentrações observadas por McDonald & Wilson (1980) de  $4 \text{ mg kg}^{-1}$  e Pierre (2014) de  $3,3 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Para o teor de Fe (Tabela 17) podem-se constatar diferenças nos teores somente em Castro-PR sendo que a cultivar AGROPLANALTO foi a que apresentou maior concentração desse elemento.

E quanto ao teor de Mn (Tabela 18) pode-se constatar diferenças nos teores somente em Arapoti-PR, sendo que a cultivar IAPAR 61 foi a que apresentou maior concentração na sua biomassa.

McDonald & Wilson (1980) encontraram teores de Fe e Mn de  $82 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $99 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente, que diferem dos encontrados por Primavesi et al. (2015) que ficaram entre  $169$  a  $199 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $138$  a  $158 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Pierre, (2014) encontrou o teor de  $153,6 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $100,8 \text{ mg kg}^{-1}$  de ferro e manganês, na biomassa da aveia branca, o que não corroboram com os teores encontrados nesse experimento.

Tabela 16. Teor de cobre na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de cobre (mg kg <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	3,57	a**	5,86	a	3,88	a	3,48	a	3,69	a
AGROIJUÍ	3,35	a	4,76	a	3,41	ab	2,43	a	3,24	ab
AGROPLANALTO	3,77	a	5,38	a	3,33	ab	4,32	a	3,89	a
AGROZEBU	7,04	a	3,97	a	3,08	ab	3,75	a	4,02	a
EMBRAPA 29	3,68	a	5,19	a	3,25	ab	3,67	a	3,99	a
FUNDACEP FAPA 43*	2,86	a	3,59	a	2,46	ab	2,71	a	2,30	c
IAPAR 61	2,58	a	3,03	a	3,55	ab	2,97	a	4,00	a
IPR 126*	2,31	a	2,77	a	2,31	b	1,94	a	1,97	c
UPFA 21	4,03	a	4,52	a	3,07	ab	3,52	a	4,05	a
UTF IGUAÇU*	2,25	a	3,61	a	2,51	ab	2,63	a	2,35	bc
MÉDIA	3,54		4,27		3,09		3,14		3,35	
CV%	57,69		26,18		17,13		28,76		9,56	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 17. Teor de ferro na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de ferro (mg kg <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	68,10	a**	46,77	a	46,99	a	57,96	ab	55,57	a
AGROIJUÍ	86,18	a	51,76	a	47,27	a	40,97	b	55,67	a
AGROPLANALTO	52,50	a	48,78	a	54,47	a	141,41	a	59,11	a
AGROZEBU	55,88	a	36,11	a	41,32	a	64,45	ab	75,62	a
EMBRAPA 29	79,17	a	42,14	a	51,37	a	77,58	ab	69,59	a
FUNDACEP FAPA 43*	88,86	a	44,69	a	52,20	a	53,45	ab	71,20	a
IAPAR 61	46,10	a	30,29	a	46,97	a	37,72	b	89,63	a
IPR 126*	88,50	a	48,03	a	48,55	a	44,81	ab	139,83	a
UPFA 21	73,03	a	42,11	a	42,91	a	53,42	ab	106,87	a
UTF IGUAÇU*	63,14	a	44,23	a	38,83	a	70,46	ab	69,97	a
MÉDIA	70,15		43,50		47,09		64,22		79,31	
CV%	40,69		26,43		24,10		52,04		36,98	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 18. Teor de manganês na biomassa aérea das cultivares de aveias, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de manganês (mg kg <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	24,06	a**	31,13	a	60,17	ab	64,64	a	44,47	a
AGROIJUÍ	20,32	a	26,74	a	50,60	b	34,85	a	45,71	ab
AGROPLANALTO	21,28	a	26,33	a	58,54	ab	67,88	a	45,95	a
AGROZEBU	21,18	a	23,45	a	68,80	ab	62,06	a	52,93	a
EMBRAPA 29	25,71	a	30,33	a	63,48	ab	70,71	a	52,63	a
FUNDACEP FAPA 43*	20,36	a	21,96	a	39,44	b	41,99	a	30,43	c
IAPAR 61	24,12	a	24,43	a	84,11	a	53,64	a	50,62	a
IPR 126*	22,50	a	28,35	a	44,88	b	59,12	a	41,79	c
UPFA 21	22,56	a	27,03	a	54,22	ab	58,13	a	59,93	a
UTF IGUAÇU*	20,47	a	30,16	a	47,20	b	42,66	a	42,21	bc
MÉDIA	22,26		26,99		57,14		55,57		46,67	
CV%	34,87		31,04		18,31		25,15		22,15	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Para o teor de zinco (Tabela 19) pode-se constatar diferenças nos teores em Itaberá-SP e em Arapoti-PR, sendo que as maiores concentrações foram observada na cultivar UPFA 21 em Itaberá e a IAPAR 61 em Arapoti.

Pierre, (2014) encontrou o teor de 33,8 mg kg<sup>-1</sup> de zinco na biomassa da aveia branca, o que não corroboram com os teores encontrados nesse experimento.

McDonald & Wilson (1980) encontraram o teor de zinco de 25 mg kg<sup>-1</sup>, que são iguais aos encontrados por Primavesi et al. (2015) que ficaram entre 24 e 25 mg kg<sup>-1</sup>.

No geral, as cultivares de aveia branca foram as que obtiveram os menores teores de micronutrientes, como foi observado para o Cu, Mn e Zn, Entretanto não foi observado o mesmo comportamento para esses nutrientes nos trabalhos de McDonald & Wilson (1980) e Primavesi et al. (2015).

Tabela 19. Teor de zinco na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Teor de zinco (mg kg <sup>-1</sup> )									
	Ponta Grossa-PR					Local				
AGROCOXILHA	41,69	a**	18,28	a	10,18	a	10,81	a	8,50	ab
AGROIJUÍ	14,40	a	20,23	a	9,76	ab	5,84	a	10,10	ab
AGROPLANALTO	14,21	a	17,56	a	9,96	ab	12,42	a	8,77	ab
AGROZEBU	12,61	a	13,56	a	13,85	ab	10,22	a	10,89	ab
EMBRAPA 29	12,22	a	13,14	a	8,80	ab	11,12	a	11,10	ab
FUNDACEP FAPA 43*	10,50	a	10,54	a	6,75	ab	6,53	a	6,18	ab
IAPAR 61	11,93	a	8,77	a	14,78	ab	10,84	a	11,11	ab
IPR 126*	18,46	a	11,52	a	10,85	b	9,62	a	4,87	b
UPFA 21	14,93	a	12,92	a	7,38	ab	9,25	a	12,09	a
UTF IGUAÇU*	10,29	a	19,31	a	9,22	ab	7,96	a	10,24	ab
MÉDIA	16,12		14,58		10,15		9,46		9,39	
CV%	105,62		51,05		27,21		45,64		23,34	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

A espécie vegetal parece ser mais importante na definição da composição nutricional do que o tipo de solo (Nordin, 1994), região de crescimento (Cuiping et al., 2004, Nordin, 1994) e tratamento com fertilizantes (Nordin, 1994). Por exemplo, espécies de madeira cultivadas em diferentes regiões mostrou pequenas diferenças de composição elementar (Nordin, 1994).

Para a produção energética, não mais interessa uma planta rica em minerais, mas sim uma biomassa com baixa concentração desses elementos para que ocorra uma melhor conversão em energia através da combustão. Observa-se que a biomassa da aveia apresentou maiores teores de N e K seguidos de Ca, Mg e P. Palhas e gramíneas apresentam concentrações relativamente elevadas de K e N (Von Loo & Koppejan, 2002). Kataki & Konver. (2001) constataram que as culturas anuais

e de crescimento rápido têm os maiores teores de nutrientes móveis na planta como K, Mg, N e P em comparação com os caules e troncos, cascas e grandes ramos de árvores. Por outro lado, os elementos como Ca e Mn são considerados como imobilizados e que se acumulam nos tecidos por outros meios que não a elementos móveis (Werkelin et al., 2005).

### 3.5.2 Conteúdo de nutrientes da biomassa aérea das aveias

O conteúdo (extração) de macro e micronutrientes avaliadas na biomassa de cultivares de aveia cultivadas em Tibagi-PR, Ponta Grossa-PR, Itaberá-SP, Arapoti-PR e Castro-PR encontram-se expressas nas tabelas (20 a 29).

Tabela 20. Conteúdo de carbono na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de carbono (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	3106,4	abc**	3805,6	ab	2936,4	a	4258,1	abc	3814,7	ab
AGROIJUÍ	3337,6	abc	3641,5	ab	3324,9	a	3995,1	abc	3714,1	ab
AGROPLANALTO	2888,5	abc	3294,4	b	3125,8	a	4414,2	ab	3557,0	ab
AGROZEBU	3577,2	ab	3813,9	ab	2775,2	a	4308,7	abc	3989,0	ab
EMBRAPA 29	2642,0	bc	3343,9	b	2451,5	a	3326,1	cd	3687,1	ab
FUNDACEP FAPA 43*	2471,9	c	3584,3	ab	2761,6	a	2796,1	d	3133,3	b
IAPAR 61	2729,1	bc	4016,4	ab	3081,2	a	4750,6	a	3278,5	b
IPR 126*	3840,3	a	4269,5	a	3216,1	a	3445,3	bcd	3746,2	ab
UPFA 21	3200,1	abc	3849,3	ab	3437,6	a	4628,0	a	4804,7	a
UTF IGUAÇU*	2660,1	bc	3717,7	ab	2530,8	a	3544,5	bcd	3359,3	b
MÉDIA	3035,3		3733,6		2964,1		3944,5		3708,4	
CV%	11,45		7,02		12,58		9,38		12,87	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 21. Conteúdo de nitrogênio na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	157,9	a**	191,7	a	128,9	a	112,2	a	197,8	ab
AGROIJUÍ	137,9	a	203,8	a	144,7	a	138,2	a	197,4	ab
AGROPLANALTO	128,7	a	159,4	a	171,3	a	154,1	a	200,4	ab
AGROZEBU	171,5	a	161,5	a	121,4	a	127,8	a	218,7	ab
EMBRAPA 29	145,8	a	190,5	a	113,5	a	109,8	a	206,5	ab
FUNDACEP FAPA 43*	127,5	a	159,4	a	108,3	a	109,4	a	157,4	b
IAPAR 61	96,9	a	154,4	a	132,0	a	135,8	a	140,8	b
IPR 126*	147,4	a	142,0	a	120,0	a	97,5	a	149,7	b
UPFA 21	168,7	a	182,1	a	130,6	a	140,0	a	248,9	a
UTF IGUAÇU*	108,6	a	164,7	a	101,3	a	118,2	a	141,6	b
MÉDIA	139,1		170,9		127,2		124,3		185,9	
CV%	21,5		19,4		19,6		26,7		15,7	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 22. Conteúdo de fósforo na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	9,50	a**	16,51	a	7,42	a	9,56	a	14,43	ab
AGROIJUI	10,92	a	14,52	a	7,20	a	5,53	a	11,76	ab
AGROPLANALTO	9,90	a	11,21	a	8,25	a	11,24	a	10,30	ab
AGROZEBU	9,55	a	8,65	a	6,91	a	10,54	a	10,40	ab
EMBRAPA 29	8,12	a	13,21	a	6,64	a	9,50	a	11,40	ab
FUNDACEP FAPA 43*	9,49	a	10,68	a	6,00	a	8,14	a	7,10	b
IAPAR 61	7,77	a	10,98	a	8,89	a	10,57	a	8,50	b
IPR 126*	11,78	a	11,74	a	8,91	a	6,38	a	8,81	bc
UPFA 21	10,20	a	13,72	a	6,20	a	9,93	a	15,04	a
UTF IGUAÇU*	9,01	a	12,39	a	6,74	a	7,44	a	8,91	c
MÉDIA	9,62		12,36		7,32		8,88		10,47	
CV%	16,19		24,80		25,1		28,62		21,41	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 23. Conteúdo de potássio na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de potássio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	150,74	a**	116,94	a	141,72	a	139,00	a	206,77	abc
AGROIJUI	150,09	a	118,85	a	140,67	a	90,58	a	203,66	abc
AGROPLANALTO	137,61	a	128,68	a	144,16	a	153,58	a	187,24	abc
AGROZEBU	169,97	a	130,04	a	130,49	a	156,42	a	233,69	ab
EMBRAPA 29	136,50	a	107,02	a	112,11	a	117,28	a	186,79	abc
FUNDACEP FAPA 43*	127,01	a	111,89	a	99,87	a	113,82	a	147,37	bc
IAPAR 61	134,21	a	114,96	a	131,03	a	190,16	a	141,27	bc
IPR 126*	155,83	a	141,40	a	125,08	a	83,83	a	138,21	bc
UPFA 21	166,14	a	149,50	a	130,44	a	142,20	a	274,37	a
UTF IGUAÇU*	108,64	a	135,48	a	98,84	a	127,36	a	130,31	c
MÉDIA	143,67		125,48		125,44		131,42		184,97	
CV%	19,29		14,77		13,95		29,18		18,72	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 24. Conteúdo de cálcio na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de cálcio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	20,05	ab**	26,06	a	24,70	a	24,23	abc	32,92	ab
AGROIJUI	24,82	a	23,39	a	21,82	ab	16,84	bc	26,30	b
AGROPLANALTO	22,01	a	22,66	a	24,30	a	33,68	a	36,97	ab
AGROZEBU	23,52	a	17,32	a	21,00	ab	27,69	abc	37,21	ab
EMBRAPA 29	16,68	ab	22,05	a	18,33	abc	24,22	abc	30,98	ab
FUNDACEP FAPA 43*	11,06	b	13,64	a	10,13	c	11,93	c	15,26	b
IAPAR 61	18,44	ab	18,21	a	26,30	a	23,84	abc	33,55	ab
IPR 126*	17,50	ab	21,43	a	17,94	abc	14,62	bc	26,82	b
UPFA 21	25,34	a	25,63	a	21,06	ab	30,82	ab	53,33	ab
UTF IGUAÇU*	11,10	b	16,03	a	12,32	bc	17,54	abc	16,70	b
MÉDIA	19,05		20,64		19,79		22,54		31,00	
CV%	17,6		30,9		18,4		25,3		27,41	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 25. Conteúdo de magnésio na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de magnésio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	9,96	abc**	15,76	a	11,46	a	11,64	a	12,21	b
AGROIJUÍ	11,39	ab	16,56	a	11,57	a	8,85	a	11,00	bc
AGROPLANALTO	9,51	abc	15,10	a	11,71	a	15,13	a	11,42	bc
AGROZEBU	11,94	a	13,69	a	10,78	a	13,04	a	12,69	b
EMBRAPA 29	8,84	abc	14,55	a	9,08	a	11,42	a	10,84	bc
FUNDACEP FAPA 43*	6,93	c	13,65	a	8,49	a	8,18	a	6,62	c
IAPAR 61	9,34	abc	11,52	a	12,26	a	13,34	a	10,14	bc
IPR 126*	10,57	abc	15,69	a	10,50	a	9,11	a	8,90	bc
UPFA 21	11,21	abc	17,21	a	11,18	a	14,20	a	17,63	a
UTF IGUAÇU*	7,41	bc	12,85	a	7,98	a	10,82	a	8,40	bc
MÉDIA	9,71		14,66		10,50		11,57		10,99	
CV%	15,45		24,24		14,43		23,89		15,30	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 26. Conteúdo de cobre na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de cobre (g ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	26,39	a**	50,93	a	26,65	a	33,53	ab	33,61	ab
AGROIJUÍ	26,17	a	40,08	a	26,27	a	22,96	ab	28,52	bcd
AGROPLANALTO	25,66	a	41,18	a	23,96	a	44,79	a	33,16	ab
AGROZEBU	56,91	a	34,62	a	19,93	a	37,42	ab	38,29	ab
EMBRAPA 29	23,05	a	39,58	a	18,46	a	28,03	ab	34,63	ab
FUNDACEP FAPA 43*	16,74	a	29,46	a	15,34	a	17,48	b	16,71	d
IAPAR 61	18,04	a	26,75	a	25,39	a	32,50	ab	31,22	bc
IPR 126*	20,92	a	27,12	a	17,13	a	15,54	b	17,21	d
UPFA 21	29,89	a	40,40	a	24,16	a	37,55	ab	46,20	a
UTF IGUAÇU*	13,90	a	31,08	a	14,79	a	21,52	ab	18,15	cd
MÉDIA	25,77		36,12		21,21		29,13		29,77	
CV%	58,19		27,30		24,40		29,05		15,67	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 27. Conteúdo de ferro na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de ferro (g ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR		Tibagi-PR		Arapoti-PR		Castro-PR		Itaberá-SP	
AGROCOXILHA	509,2	a**	404,3	a	324,9	a	562,1	ab	507,6	a
AGROIJUÍ	657,1	a	427,4	a	370,1	a	386,3	b	496,4	a
AGROPLANALTO	359,2	a	372,5	a	392,7	a	1483	a	498,9	a
AGROZEBU	469,4	a	315,6	a	263,1	a	646,6	ab	712,5	a
EMBRAPA 29	505,0	a	321,1	a	293,5	a	603,1	ab	600,4	a
FUNDACEP FAPA 43*	518,3	a	364,8	a	323,2	a	340,9	b	528,8	a
IAPAR 61	336,7	a	268,0	a	332,3	a	415,5	b	715,3	a
IPR 126*	802,7	a	470,7	a	364,0	a	359,1	b	1216	a
UPFA 21	540,2	a	378,1	a	336,2	a	564,4	ab	1229	a
UTF IGUAÇU*	408,1	a	382,8	a	230,7	a	552,1	ab	542,8	a
MÉDIA	510,6		370,5		323,0		591,3		704,8	
CV%	41,96		26,5		28,76		56,84		26,96	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 28. Conteúdo de manganês na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de manganês (g ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR	Tibagi-PR	Arapoti-PR	Castro-PR	Itaberá-SP					
AGROCOXILHA	175,2	a**	269,1	a	412,0	ab	630,5	ab	406,1	ab
AGROIJUÍ	156,8	a	224,0	a	392,6	ab	325,4	ab	411,6	ab
AGROPLANALTO	142,8	a	201,9	a	415,1	ab	699,9	a	392,0	ab
AGROZEBU	177,5	a	204,0	a	450,4	ab	619,1	ab	499,1	ab
EMBRAPA 29	156,2	a	230,9	a	365,0	ab	541,5	b	455,8	ab
FUNDACEP FAPA 43*	118,7	a	179,4	a	248,5	b	276,6	ab	222,2	b
IAPAR 61	170,5	a	216,0	a	592,5	a	591,8	ab	398,4	ab
IPR 126*	204,9	a	277,8	a	326,9	b	475,4	ab	362,5	b
UPFA 21	167,0	a	243,7	a	430,5	ab	626,6	ab	673,3	a
UTF IGUAÇU*	127,0	a	262,0	a	274,3	b	349,6	ab	323,7	b
MÉDIA	159,8		230,9		390,7		513,6		414,5	
CV%	34,41		32,44		22,42		26,76		25,81	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

Tabela 29. Conteúdo de zinco na biomassa aérea das cultivares de aveia, cultivadas em diferentes locais na safra de 2012 (média de três repetições).

Cultivar	Conteúdo de zinco (g ha <sup>-1</sup> )									
	Local									
	Ponta Grossa-PR	Tibagi-PR	Arapoti-PR	Castro-PR	Itaberá-SP					
AGROCOXILHA	263,3	a**	159,5	a	70,44	ab	562,1	ab	77,5	ab
AGROIJUÍ	110,6	a	173,3	a	75,25	ab	386,3	b	90,2	ab
AGROPLANALTO	95,7	a	137,2	a	70,72	ab	1483	a	75,1	ab
AGROZEBU	108,9	a	116,6	a	86,08	ab	646,6	ab	104,2	ab
EMBRAPA 29	75,7	a	100,2	a	49,46	b	603,1	ab	96,2	ab
FUNDACEP FAPA 43*	60,9	a	85,07	a	41,67	b	340,9	b	45,5	b
IAPAR 61	84,4	a	77,09	a	104	a	415,4	b	87,5	ab
IPR 126*	169,4	a	112,1	a	79,77	ab	359,9	b	43,1	b
UPFA 21	111,2	a	116,1	a	57,25	ab	564,4	ab	137,8	a
UTF IGUAÇU*	63,8	a	168,9	a	54,43	ab	552,1	ab	79,0	ab
MÉDIA	114,4		124,6		68,51		591,3		83,6	
CV%	87,80		52,78		25,68		56,84		27,9	

\*Aveia branca; \*\*Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; p<0,05).

De uma maneira geral, as cultivares que obtiveram destaque na extração de nutrientes independentemente do local de cultivo foram as de aveia preta, enquanto os menores valores foram observados nas aveias brancas. Como o conteúdo de nutrientes é uma relação entre o teor de nutriente e a quantidade de biomassa produzida, e as aveias pretas no geral foram as mais produtivas em biomassa esse resultado se justifica. As concentrações de macronutrientes extraídos em Ponta Grossa-PR e Castro-PR seguiram a ordem crescente: C> K> N> Ca> Mg> P, em Tibagi-PR, Arapoti-PR e Itaberá-SP foi C> N> K> Ca> Mg> P

Depois do C o K é o nutriente mais exportado pela biomassa das aveias seguido do N, o que foi observado em Ponta Grossa-PR e Castro-PR (143,67, 131,42 kg ha<sup>-1</sup>), concordando com Borkert et al. (2003). Melo et al. (2011) constataram que

dentre os nutrientes estudados, o K foi, quantitativamente, o mais ciclado pela aveia-preta, alcançando, na parte aérea,  $101,14 \text{ kg ha}^{-1}$  de K.

Esta elevada quantidade de K presente na biomassa da aveia é importante para a reciclagem bem como para diminuir a possibilidade de lixiviação deste nutriente para camadas mais profundas do solo (Santi et al., 2003; Borkert et al., 2003).

O N total contido na biomassa das aveias indica que, embora não seja uma leguminosa, acumula e recicla quantidade razoável de N. O conteúdo de N observado nas aveias estão acima do observado por (Crusciol et al., 2008), de  $70,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ,

A quantidade extraída de P na aveia variou entre  $16,19$  a  $28,62 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 22), sendo, dentre os macronutrientes, o menos exportado. Valores entre  $8$  a  $12 \text{ kg ha}^{-1}$ , num intervalo de  $5$  a  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca foram observados por Borkert (2003). Já no trabalho de Melo et al. (2011) o acúmulo de P na parte aérea da aveia preta adubada com composto orgânico foi maior com valor de  $15,31 \text{ kg ha}^{-1}$  e, Giacomini et al. (2003) verificaram acúmulo de P na aveia variando de  $12$  a  $16 \text{ kg ha}^{-1}$ , que são inferiores ao encontrado no presente trabalho.

Em média a aveia acumulou  $18,60 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca e  $11,50 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg (Tabela 24 e 25), sendo uma eficiente recicladora destes nutrientes que são depositados nas camadas superficiais do solo com a mineralização da sua biomassa (Borkert et al., 2003).

Singh et al. (2012) estudando a composição mineral da biomassa do sorgo sacarino para energia, relataram a extração da área de cultivo de N, P e K de  $136$ ,  $27,6$ , e  $81,4 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente.

Com relação à extração de micronutrientes em Ponta Grossa-PR, Tibagi-PR e Itaberá-SP seguiram a ordem crescente de:  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ , em Arapoti-PR foi  $\text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu}$  e em Casro-PR foi  $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Cu}$ .

O único nutriente que não apresentou variação com relação à capacidade de exportação entre as variedades nos diferentes locais de cultivo foi o Fe, inferindo que para esse elemento não há influência genética. As aveias se mostraram eficientes recicladoras de Mn, extraíndo do ambiente de cultivo em média  $341,9 \text{ g ha}^{-1}$ .

#### 4 CONCLUSÕES

- O potencial de geração de energia variou entre cultivares e locais de cultivo, estando relacionado com a produtividade de biomassa.

- O local de cultivo interferiu no teor de cinzas e no carbono fixo e conseqüentemente no PCS da biomassa aérea da aveia. Maior teor de cinzas e menor teor de CF resulta em menor PCS.
- Os macronutrientes extraídos em Ponta Grossa-PR e Castro-PR seguiram a ordem C> K> N> Ca> Mg> P, e em Tibagi-PR, Arapoti-PR e Itaberá-SP C> N> K> Ca> Mg> P; para os micronutrientes em Ponta Grossa-PR, Tibagi-PR e Itaberá-SP seguiram a ordem Fe> Mn> Zn> Cu, em Arapoti-PR Mn> Fe> Zn> Cu e em Casro-PR Zn> Fe> Mn> Cu.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Estudar o estado de degradação da biomassa da aveia,
- Estudar os custos de colheita/armazenamento da biomassa da aveia,
- Estudar o fator de 30% de retirada da biomassa do ambiente de cultivo para energia.

### REFERÊNCIAS

- ACOSTA, A.C. & VIAU, L.V.M. Características agrônômicas de aveia afetadas por doses de nitrogênio e aplicações de fungicidas. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SULBRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 14., Porto Alegre, 1994. Resultados experimentais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1:282-291, 1994.
- ALLICA, J.H.; MITRE, A.J.; BUSTAMANTE, J.A.G.; ITOIZ, C.; BLANCO, F.; ALKORTA, I & GARBISU, C. Straw quality for its combustion in a straw-fired power plant. *Biomass and Bioenergy*, 21:249-258, 2001.
- ALMEIDA, J.L.; SATTLER, R. & CLAZER, E.R. Ensaio de nitrogênio em aveia pós milho, Entre Rios, 1995. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SULBRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 16., Florianópolis, 1996. Resultados experimentais. Florianópolis, 1996. p.418-421.
- ALMEIDA, M.L. & MUNDSTOCK, C.M. O afilhamento da aveia afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. *Ciência Rural*, 31:393-400, 2001.
- ALVIM, M.J. & COSER, A.C. Aveia e Azevém anual: Recursos Forrageiros para a época seca. In: Pastagens para Gado de Leite em regiões de influência da Mata Atlântica. Coronel Pacheco: EMBRAPA, 1:83-107, 2000.
- AMADO, T.J.C.. & MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:553-560, 2000.

ANDREWS, S.S. Crop residue removal for biomass energy production: effects on soils and recommendations. Soil Quality National Technology Development Team, USDA. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112: Carvão vegetal: Análise química imediata, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8633: Carvão vegetal: Determinação do poder calorífico, 1984.

BACCHI, O.O. S; GODOY, R.; FANTE Jr, L. & REICHARDT, K. Balanço hídrico em cultura de aveia forrageira de inverno na região de São Carlos-SP. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 172-178, 1996.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2014: ano base 2013. Rio de Janeiro, 2014. p. 288.

BAXTER, L.L. Ash deposition during biomass and coal combustion: a mechanistic approach. *Biomass and Bioenergy*, 4:85-102, 1993.

BILGEN, S. & KAYGUSUZ, K. The calculation of the chemical exergies of coal-based fuel by using the higher heating values. *Applied Energy*, 85:776-785, 2008.

BORKERT, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R & OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo *Pesquisa agropecuária brasileira.*, 38:143-153, 2003.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G & FORSTHOFER, E. L. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:361- 366, 2002.

CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1990. 37 p. (Boletim Técnico, 35).

CARVALHO, D. B. de; BELO, M.; MORAES, A. de; PELISSARI, A & BONA FILHO, A. Desenvolvimento de pastagens em integração lavoura – pecuária na região de Guarapuava – PR. *Ciências agrárias e ambientais*, 6:11-19, 2008.

CASTRO, G.S.A.; COSTA, C.H.M. & NETO, J.F. Ecofisiologia da aveia branca. *Scientia Agraria Paranaensis*, 11:1-15, 2012.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento: 12º Levantamento de Grãos, safra setembro 2013. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_09\\_10\\_16\\_05\\_53\\_boletim\\_portugues\\_setembro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_16_05_53_boletim_portugues_setembro_2013.pdf)>. Acesso em: 25. Set. 2013.

CRUSCIOL, C.A.C.; MORO, E.; LIMA, E.V & ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. *Bragantia*, São Paulo, 67:261-266, 2008.

- CUIPING, L.; CHUANGZHI, W. & HAITAO, H. Chemical elemental characteristics of biomass fuels in China. *Biomass and Bioenergy*, 27:119–130, 2004.
- DEMIRBAS, A & DEMIRBAS, A.H. Estimating the calorific values of lignocellulosic fuels. *Energy Exploration and Exploitation*, 22:135-144, 2004.
- DEMIRBAS, A. Importance of biomass energy sources for turkey. *Energy Policy*, 36:834–842, 2008.
- DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A. & HONGWEN, L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 3:1-26, 2010.
- ELOY, E. Produção e qualidade da biomassa de florestas energéticas no norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2015. 157p. (Tese de doutorado)
- ESPITIA, R.E.; VILLASEÑOR, M.E.; TOVAR G.R.; DE LA, O. M & LIMÓN, O.A.; Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3:771-783, 2012.
- FERREIRA, A.S.; CAMARGO, M.J.; TEDESCO, M.J. & BISSANI, C.A. Alteração nos atributos químicos e biológicos do solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 27:775-763, 2003.
- FLOSS, E.L.; ESCOSTEGUY, P.A.V. & TISOT, D. Doses de nitrogênio em cobertura em aveia, sobre resteva de soja, 1995. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SULBRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 16., Florianópolis, 1996. Resultados experimentais. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. p.302-305.
- FRIEDL, A.; PADOUVAS, E.; ROTTER, H & VARMUZA, K. Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition. *Analytica Chimica Acta*, 544:191-198, 2005.
- GARCÍA, R.; PIZARRO, C.; LAVÍN, A. G. & BUENO, J. L. Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource Technology*, 103: 249–258, 2012.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S & FRIES, M. R. M. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 325-334, 2003.
- GIL, M.V.; OULEGO, P.; CASAL, M.D.; PEVIDA, C.; PIS, J.J. & RUBIERA, F. Mechanical durability and combustion characteristics of pellets from biomass blends. *Bioresource Technology*, 101:8859–8867, 2010.

HAN, L. P.; STEINBERGER, Y.; ZHAO, Y. L & XIE, G. H. Accumulation and partitioning of nitrogen, phosphorus and potassium in different varieties of sweet sorghum. *Field Crops Research*, 120:230-240, 2011.

IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná. Cartas Climáticas do Paraná – Disponível em: <://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863 >. Acesso em 14 de setembro de 2014.

JAREMTCHUK, A.R.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; GONCALVES, H.C.; OSTRENSKY, A.; KOSLOWSKI, L.A. & MADEIRA, H.M.F.M. Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas de corte. *Acta Scientiarum Agronomy*, 28:351-357, 2006.

JENKINS, B. M.; BAXTER, L. L.; MILES, JR. T. R. & MILES, T. R. Combustion properties of biomass. *Fuel Process Technol*, 54:17-46, 1998.

KATAKI, R. & KONWER, D. Fuelwood characteristics of some indigenous woody species of north-east India. *Biomass and Bioenergy*, 20:17–23, 2001.

KHAN, A. A.; DE JONG, W.; JANSENS, P. J. & SPLIETHOFF, H. Biomass combustion fluidized bed boilers: potential problems and remedies. *Fuel Processing Technology*, 90: 21–50, 2009.

KOLLMANN, F. F. P. & CÔTÉ, W. A. Principles of wood science and technology. 1. ed. New York, Springer, 1968.

KUMAR, R.; PANDEY, K. K.; CHANDRASHEKAR, N. & MOHAN, S. Effect of tree-age on calorific value and other fuel properties of Eucalyptus hybrid. *Journal of Forestry Research*, 21:514-516, 2010.

LEWANDOWSKI, I. & KICHERER, A. Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus\_gigantus*. *European Journal of Agronomy*, 6:163-177, 1997.

LI, Z.; ZHAO, W.; LI, R.; WANG, Z.; LI, Y. & ZHAO, G. Combustion characteristics and NO formation for biomass blends in a 35-ton-per-hour travelling grate utility boiler. *Bioresource Technology*, 100: 2278–2283, 2009.

LORA, E. E. S. & AYARZA, J. A. C. Gaseificação. In: *Biomassa Para Energia*. Campinas-SP: Editora Unicamp, 1:241-327, 2008.

LORENZETT, D. B.; NEUHAUS, M. & SCHWAB, N. T. Gestão de resíduos e a indústria de beneficiamento do arroz. *Revista Gestão Industrial*, 8: 219-232, 2012.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3 ed. London, Academic Press, 643p, 2012.

MARTINS, A. P. L. & REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agraria*, 8:1-17, 2007.

McDONALD, R.C. & WILSON, K.R. Dry matter yields, digestibilities, mineral levels, and cattle growth rates on greenfeed oats at different stages of development. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 8:105-109, 1980.

McKENDRY, P. Energy Production from Biomass (Part 1): Overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83:37-46, 2002.

MEDIAVILLA, I.; FERNÁNDEZ, M.J. & ESTEBAN, L.S. Optimization of pelletisation and combustion in a boiler of 17, 5 kWth for vien shoots and industrial cork residue. *Fuel Processing Technology*, 90: 621–628, 2009.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, C.J.; FONTANELI, R.S.; AGNOLIN, C.A.; FONTANELI, R. S.; HORST, T.; VIÉGAS, J. & BEM, C. M. Valor nutritivo da forragem de genótipos de cereais de inverno de duplo propósito. *Revista brasileira de zootecnia*, 40:1173-1180, 2011.

MELO, A.V. GALVÃO, J.C.C.; BRAUN, H.; SANTOS, M.M. dos.; COIMBRA, R.R.; SILVA, R.R da. & REIS W.F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. *Ciências agrárias*, 32:411-420, 2011.

MI-KYUNG, B.; MUKARAKATE, C.; ROBICHAUD, D.J. & NIMLOS, M.R. Current technologies for analysis of biomass thermo-chemical processing: a review. *Analytica Chimica Acta*, 651:117–138, 2009.

MORI, C.; FONTANELI, S.R. & SANTOS, P.H. dos. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia. *Passo Fundo: Embrapa Trigo*, 2012. 26 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 136). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do136.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136.htm)>. Acesso em: 10. Set. 2013.

MUNIR, S.; DAOOD, S. S.; NIMMO, W.; CUNLIFFE, A. M. & BIBBS, B. M. Thermal analysis and devolatilization kinetics of cotton stalk, sugar cane bagasse and shea meal under nitrogen and air atmospheres. *Bioresource Technology*, 100:14313–14318, 2009.

MUTHURAMAN, M.; NAMIOKA, T. & YOSHIKAWA, K. A comparison of co-combustion characteristics of coal with wood and hydrothermally treated municipal solid waste. *Bioresource Technology*, 101:2477–2482, 2010.

NASCIMENTO, S.M.; DUTRA, R.I.J.P. & NUMAZAWA, S. Resíduos de indústria madeireira: Caracterização, consequência sobre o meio ambiente e opção de uso. *Holos environment*, 6: 8-21, 2006.

NOGUEIRA, L.A.H. & LORA, E.E.S. *Dendroenergia: fundamentos e aplicações*. 2.ed. Rio de Janeiro, Interciência, 2003. 19  
NOGUEIRA, M. F. M. & RENDEIRO, G. Caracterização Energética da Biomassa Vegetal. In: *Combustão e Gaseificação da Biomassa Sólida: Soluções Energéticas para a Amazônia*. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2008. p. 52-63.

NORDIN A. Chemical elemental characteristics of biomass fuels. *Biomass and Bioenergy*, 6:339–347, 1994.

- OBERNBERGER, I.; BIEDERMANN, F.; WIDMANN, W. & RIEDL, R. Concentrations of inorganic elements in biomass fuels and recovery in the different ash fractions. *Biomass and Bioenergy*, 12:211–24, 1997.
- PAULA, L.E.R.; TRUGILHO, P.F.; NAPOLI, A. & BIANCHI, M.L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. *Cerne*, 17: 237-246, 2011.
- PAVAN, M.A. & MIYAZAWA, M. Análises químicas de solo: parâmetros para interpretação. Londrina, IAPAR, 1996. 48p. (Circular Técnica, 91)
- PIERRE, L. de. Energia da biomassa residual de aveia branca e soja em resposta ao sistema de preparo do solo e níveis de adubação. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2014. 53p. (Dissertação de Mestrado)
- POWERS, S.E.; ASCOUGH II, J.C.; NELSON, R.G. & LAROCQUE, G.R. Modeling water and soil quality environmental impacts associated with bioenergy crop production and biomass removal in the Midwest USA. *Ecological Modelling*, 222:2430-2447, 2011.
- PRIMAVESI, A.C.A.; PRIMAVESI, O.; GODOY, R. Teores e extração de nutrientes pela forragem de aveia, em função de doses de nitrogênio, no manejo de dois cortes e em duas épocas de plantio. *Revista de Agricultura*, 75: 197-220, 2000.
- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O. & GODOY, R. Extração de nutrientes e eficiência nutricional de cultivares de aveia, em relação ao nitrogênio e à intensidades de corte. *Scientia Agricola*, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161999000300014>>. Acesso em: 04. mai. 2015.
- PRIMAVESI, O.; GODOY, R. & SOUZA, F.H.D. de. Avaliação de genótipos e recomendação de cultivares de aveia para cobertura do solo, na região sudeste para o ano de 2007. São Carlos, Embrapa, 2006. (Circular Técnica, 66)
- PROTÁSIO, T.P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G.H.D.; COUTO, A.M.; TRUGILHO, P.F. & JÚNIOR, M.G. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 31:113-122, 2011.
- PROTÁSIO, T.P.; TONOLI, G.H.D.; JÚNIOR, M.G.; BUFALINO, L.; COUTO, A.M. & TRUGILHO, P.F. Correlações canônicas entre as características químicas e energéticas de resíduos lignocelulósicos. *Cerne*, 18:433-439, 2012.
- QIAN, F.P.; CHYANG, C.S.; HUANG, K.S. & TSO, J. Combustion and NO emission of high nitrogen content biomass in a pilot-scale vortexing fluidized bed combustor. *Bioresource Technology*, 102:1892–1898, 2011.
- QUESADA, D.M.; BODDEY, R.M.; REIS, V.M. & URQUIAGA, S. Parâmetros Qualitativos de Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* 18 Schum.) estudados para a produção de energia através da Biomassa: Embrapa, 2004. 4 p. (Circular Técnica, 8)

QUIRINO, W.F.; VALE, A.T.; ANDRADE, A.P.A.; ABREU, V.L.S. & AZEVEDO, A.C. S. Poder Calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. *Biomassa & Energia*, 1:173-182, 2004.

RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o estado do São Paulo, 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 285p.

REIS, A.A.; PROTÁSIO, T.P.; MELO, I.C.N.A.; TRUGILHO, P.F. & CARNEIRO, A.C. Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em diferentes locais de plantio. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32:277-290, 2012.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.K.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 19:1443-1448, 1984.

SANTI, A.; AMADO, T.J.C. & ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I - Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 1075-1083, 2003.

SHENG, C & AZEVEDO, J. L. T. Estimating the higher heating value of biomass fuel from basic analysis data. *Biomass and Bioenergy*, 28:499-507, 2005.

SILVA, D.A. Avaliação da eficiência energética em uma indústria de painéis compensados. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2001. 219p. (tese de doutorado)

SILVA, D.A.; ALMEIDA, V.C.; VIANA, L.C.; KLOCK, U. & MUÑIZ, G.I.B. Avaliação das propriedades energéticas de resíduos de madeiras tropicais com uso da espectroscopia NIR. *Floresta e Ambiente*, 21:561-568, 2014.

SILVA, M.A.G.; PORTO, S.M.A.; MANNIGEL, A.R.; MUNIZ, A.S.; MATA, J.D.V. & NUMOTO, A.Y. Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 31:275-281, 2009.

SINGH, M.P.; ERICKSON, J.E.; SOLLENBERGER, L.E.; WOODARD, K.R.; VENDRAMINI, J.M.B. & FEDENKO, J.R. Mineral composition and biomass partitioning of sweet sorghum grown bioenergy in the southeastern USA. *Biomass and Bioenergy*, 47:1-8, 2012.

SOUZA, S.N.M.; VIEIRA, A.C.; SANTOS, R.F. & SECCO, D. Potencial de geração de bioeletricidade com casca de arroz no Brasil. *Cultivando o Saber*, 5:1-8, 2012.

STREHLER, A. Technologies of wood combustion. *Ecological Engineering*, 16:25-40. 2000. TAN, Z. & LAGERKVIST, A. Phosphorus recovery from the biomass ash: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15:3588-3602, 2011.

- TARKALSON, D.D.; BROWN, B.; KOK, H. & BJORNEBERG, D. L. Impact of removing straw from wheat and barley fields: a literature review. *Better Crops*, 93:17-19, 2009.
- TAVARES, M.J.C.M.S.; ZANETTINI, M.H.B. & CARVALHO, F.I.F. de. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 28:499-507, 1993.
- TELMO, C.; LOUSADA, J. & MOREIRA, N. Proximate analysis, backwards stepwise regression between gross calorific value, ultimate and chemical analysis of wood. *Bioresource Technology*, 101:3808–3815, 2010.
- TELMO, C.; LOUSADA, J. & MOREIRA, N. Proximate analysis, backwards stepwise regression between gross calorific value, ultimate and chemical analysis of wood. *Bioresource Technology*, 101: 3808–3815, 2010.
- THEIS, M.; SKRIFVAR, B.-J.; HUPA, M. & TRAN, H. Fouling tendency of ash resulting from burning mixtures of biofuels. Part 1: Deposition rates. *Fuel*, 85:1125–30, 2006.
- TILLMAN, D.A. Biomass co-firing: the technology, the experience, the combustion consequences. *Biomass and Bioenergy*, 19:365-384, 2000.
- TOMÉ JUNIOR, J.B. Manual para interpretação de análise do solo. Guaíba: Agropecuária, 1997.
- TRUGILHO, P.F.; ARANTES, M.D.C.; PÁDUA, F.A. de.; ALMADO, R.P & BALIZA, A.E.R. Estimativa de carbono fixado na madeira de um clone híbrido *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*. *Cerne*, 16:33-40, 2010.
- TRUGILHO, P.F. & SILVA, D.A. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*Himenea courbaril* L.). *Scientia Agraria*, 2:45-53, 2001.
- VAN LOO, S. & KOPPEJAN, J. Handbook of biomass combustion and cofiring. Enschede, The Netherlands: Twente University Press, p. 348, 2002.
- VASSILEV, S.V.; BAXTER, D.; ANDERSEN, L.K. & VASSILEVA, C.G. An overview of the chemical composition of biomass. *Fuel*, 89:913-933, 2010.
- VAN LOO, S. & KOPPEJAN, J. The handbook of biomass combustion and cofiring. London-Sterling (VA): Earthscan, p. 442, 2008.
- VASSILEV, S. & BRAEKMAN-DANHEUX, C. Characterization of refuse-derived char from municipal solid waste. *Fuel Processing Technology*, 59:135–61, 1999.
- VASSILEV, S. & VASSILEVA, C. A new approach for the combined chemical and mineral classification of the inorganic matter in coal. In: Chemical and mineral classification systems. *Fuel*, 88:235–45, 2009.

WERKELIN, J.; SKRIFVARS B.J. & HUPA, M. Ash-forming elements in four Scandinavian wood species. Part. 1. Summer harvest. *Biomass and Bioenergy*, 29:451–466, 2005.

WERTHER, J.; SAENGER, M.; HARTGE, E.U.; OGADA, T. & SIAGI, Z. Combustion of agricultural residues. *Progress in Energy and Combustion Science*, 26:1-27, 2000.

YAO, B.Y.; CHANGKOOK, R.; ADELA, K.; YATES, N.E.; SHARIFI, V.N. & SWITHENBANK, J., Effect of fuel properties on biomass combustion. Part II. Modeling approach identification of the controlling factors. *Fuel*, 84: 2116–2130, 2005.

## ANEXOS

Tabela 1. Teor e conteúdo de nutrientes e Al na biomassa da aveia, em Tibagi, Ponta Grossa, Itaberá, Arapoti e Castro.

Cultivar	Tibagi-PR											
	C	N	Ca	Mg	K	P	Al	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	----- % -----											
	----- g kg <sup>-1</sup> -----											
	teor											
Agrocoxilha	43,92 a	2,20 ab	2,99 a	1,81 a	13,48 a	1,90 a	0,06 a	5,86 a	46,77 a	31,13 a	18,28 a	22,21 a
Agrojui	43,70 a	2,41 a	2,79 a	1,98 a	14,36 a	1,71 a	0,07 a	4,76 a	51,76 a	26,74 a	20,23 a	29,23 a
Agroplanalto	42,82 a	2,08 ab	2,97 a	1,97 a	16,62 a	1,47 a	0,06 a	5,38 a	48,78 a	26,33 a	17,48 a	25,02 a
Agrozebu	43,58 a	1,84 ab	2,00 a	1,57 a	14,97 a	1,00 a	0,05 a	3,97 a	36,11 a	23,45 a	13,56 a	27,71 a
Embrapa 29	43,87 a	2,50 a	2,89 a	1,91 a	14,07 a	1,73 a	0,06 a	5,19 a	42,14 a	30,33 a	13,14 a	25,32 a
Fundacep Fapa 23	43,64 a	1,95 ab	1,67 a	1,66 a	13,61 a	1,31 a	0,05 a	3,59 a	44,69 a	21,96 a	10,54 a	47,22 a
Iapar 61	43,54 a	1,68 ab	2,09 a	1,30 a	12,56 a	1,20 a	0,11 a	3,03 a	30,29 a	24,43 a	8,77 a	12,37 a
Ipr 126	43,44 a	1,44 b	2,19 a	1,60 a	14,36 a	1,20 a	0,10 a	2,77 a	48,07 a	28,35 a	11,52 a	43,41 a
Upfa 21	42,80 a	2,03 ab	2,86 a	1,91 a	16,66 a	1,53 a	0,06 a	4,52 a	42,11 a	27,03 a	12,92 a	35,19 a
Utf Iguaçu	43,00 a	1,90 ab	1,85 a	1,48 a	15,66 a	1,43 a	0,07 a	3,61 a	44,23 a	30,16 a	19,31 a	18,26 a
Média	43,43	2,00	2,43	1,72	14,64	1,45	0,07	4,27	43,50	26,99	14,58	28,59
CV%	1,32	16,19	30,08	22,52	14,17	24,42	36,84	26,18	26,53	31,04	51,05	87,15
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----											
	conteúdo											
Agrocoxilha	3805,6 ab	191,7 a	26,06 a	15,76 a	116,94 a	16,51 a	0,49 a	50,93 a	404,25 a	269,14 a	159,46 a	193,69 a
Agrojui	3641,5 ab	203,8 a	23,39 a	16,56 a	118,85 a	14,52 a	0,56 a	40,08 a	427,37 a	224,01 a	173,26 a	249,67 a
Agroplanalto	3294,4 b	159,4 a	22,66 a	15,10 a	128,68 a	11,21 a	0,44 a	41,18 a	372,50 a	201,93 a	137,15 a	191,58 a
Agrozebu	3813,9 ab	161,5 a	17,32 a	13,69 a	130,04 a	8,65 a	0,42 a	34,62 a	315,62 a	203,99 a	116,60 a	250,00 a
Embrapa 29	3343,4 b	190,5 a	22,05 a	14,55 a	107,02 a	13,21 a	0,43 a	39,58 a	321,10 a	230,90 a	100,18 a	193,97 a
Fundacep Fapa 23	3584,3 ab	159,4 a	13,64 a	13,65 a	111,89 a	10,68 a	0,43 a	29,46 a	364,80 a	179,44 a	85,07 a	390,31 a
Iapar 61	4016,4 ab	154,4 a	18,21 a	11,52 a	114,96 a	10,98 a	0,99 a	26,75 a	268,00 a	216,06 a	77,09 a	110,93 a
Ipr 126	4269,5 a	142,0 a	21,43 a	15,69 a	141,40 a	11,74 a	0,94 a	27,12 a	470,70 a	277,87 a	112,12 a	424,11 a
Upfa 21	3849,3 ab	182,1 a	25,63 a	17,21 a	149,50 a	13,72 a	0,57 a	40,40 a	378,11 a	243,75 a	116,06 a	318,08 a
Utf Iguaçu	3717,7 ab	164,7 a	16,03 a	12,85 a	135,48 a	12,39 a	0,63 a	31,08 a	382,80 a	262,02 a	168,85 a	159,44 a
Média	3733,6	170,95	20,64	14,66	125,476	12,36	0,59	36,12	370,525	230,911	124,584	248,178
CV%	7,02	19,42	30,90	24,24	14,77	24,80	36,37	27,30	26,52	32,44	52,78	88,80

## Ponta Grossa - PR

Cultivar	teor											
	C	N	Ca	Mg	K	P	Al	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	g kg <sup>-1</sup>											
	mg kg <sup>-1</sup>											
Agrocoxilha	42,50 a	2,15 a	2,73 at	1,36 ab	20,57 a	1,30 a	0,12 at	3,57 a	68,1 a	24,06 a	41,69 a	6,05 ab
Agroijui	42,61 a	1,77 a	3,14 a	1,45 ab	19,03 a	1,39 a	0,07 b	3,35 a	86,18 a	20,32 a	14,4 a	12,94 a
Agroplanalto	42,17 a	1,89 a	3,22 a	1,39 ab	20,17 a	1,45 a	0,08 b	3,77 a	52,5 a	21,28 a	14,21 a	1,21 b
Agrozebu	42,21 a	2,00 a	2,78 at	1,40 ab	19,81 a	1,12 a	0,10 at	7,04 a	55,88 a	21,18 a	12,61 a	10,09 ab
Embrapa 29	42,18 a	2,33 a	2,66 at	1,40 ab	21,77 a	1,30 a	0,14 at	3,68 a	79,17 a	25,71 a	12,22 a	4,49 ab
Fundacep Fapa 23	42,43 a	2,19 a	1,89 b	1,19 b	21,80 a	1,63 a	0,11 at	2,86 a	88,86 a	20,36 a	10,50 a	3,82 ab
Iapar 61	38,30 a	1,40 a	2,65 at	1,31 ab	18,71 a	1,12 a	0,07 b	2,58 a	46,1 a	24,12 a	11,93 a	4,16 ab
Ipr 126	42,50 a	1,62 a	1,94 b	1,17 b	17,24 a	1,30 a	0,19 a	2,31 a	88,5 a	22,5 a	18,46 a	6,36 ab
Upfa 21	41,76 a	2,29 a	3,40 a	1,51 a	22,52 a	1,38 a	0,12 at	4,03 a	73,03 a	22,56 a	14,93 a	9,34 ab
Utf Iguaçú	42,78 a	1,76 a	1,78 b	1,19 b	17,37 a	1,46 a	0,11 at	2,25 a	63,14 a	20,47 a	10,29 a	3,54 ab
Média	41,94	1,94	2,62	1,34	19,90	1,35	0,11	3,54	70,15	22,26	16,12	6,20
CV%	5,01	18,21	13,93	7,95	12,56	13,52	31,60	57,69	40,69	34,87	105,62	78,72
conteúdo												
	kg ha <sup>-1</sup>											
	g ha <sup>-1</sup>											
Agrocoxilha	3106,4 abc	157,9 a	20,1 at	9,96 abc	150,7 a	9,50 a	0,87 at	26,4 a	509,2 a	175,2 a	263,34 a	47,51 ab
Agroijui	3337,6 abc	137,9 a	24,8 a	11,4 ab	150,1 a	10,9 a	0,59 b	26,2 a	657,1 a	156,80 a	110,64 a	102,5 a
Agroplanalto	2888,5 abc	128,7 a	22 a	9,51 abc	137,6 a	9,90 a	0,52 b	25,7 a	359,2 a	142,8 a	95,78 a	5,58 b
Agrozebu	3577,2 ab	171,5 a	23,5 a	11,9 a	170 a	9,55 a	0,87 at	56,9 a	469,4 a	177,5 a	108,88 a	27,70 ab
Embrapa 29	2642,0 bc	145,8 a	16,7 at	8,84 abc	136,50 a	8,12 a	0,93 at	23,1 a	505 a	156,2 a	75,76 a	27,22 ab
Fundacep Fapa 23	2471,9 c	127,5 a	11,1 b	6,93 c	127 a	9,49 a	0,65 b	16,7 a	518,3 a	118,70 a	60,99 a	15,77 ab
Iapar 61	2729,1 bc	96,9 a	18,4 at	9,34 abc	134,2 a	7,77 a	0,56 b	18 a	336,7 a	170,5 a	84,45 a	21,04 ab
Ipr 126	3840,3 a	147,4 a	17,50 at	10,6 abc	155,8 a	11,8 a	1,70 a	20,9 a	802,7 a	204,9 a	169,4 a	57,00 ab
Upfa 21	3100,1 abc	168,7 a	25,3 a	11,2 abc	166,1 a	10,20 a	0,91 at	29,9 a	540,2 a	167 a	111,19 a	71,94 ab
Utf Iguaçú	2660,1 bc	108,6 a	11,10 b	7,41 bc	108,6 a	9,01 a	0,72 b	13,90 a	408,1 a	127,9 a	63,89 a	13,34 ab
Média	3035,3	139,09	19,05	9,71	143,7	9,62	0,83	25,77	510,6	159,8	114,432	38,96
CV%	11,45	21,46	17,59	15,45	19,29	16,19	37,81	58,19	41,96	34,41	87,80	83,89

## Itaberá-SP

Cultivar	teor											
	C	N	Ca	Mg	K	P	Al	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	g kg <sup>-1</sup>											
	mg kg <sup>-1</sup>											
Agrocoxilha	41,79 a	2,17 a	3,62 at	1,34 ab	22,63 ab	1,36 a	0,17 at	3,69 a	55,57 a	44,47 a	8,5 at	ND
Agroijuí	42,34 a	2,30 a	3,00 at	1,26 abc	23,21 ab	1,34 a	0,12 b	3,24 ab	55,67 a	45,71 a	10,1 at	ND
Agroplanalto	41,80 a	2,36 a	4,34 at	1,34 ab	22,03 abc	1,21 a	0,14 b	3,89 a	59,11 a	45,95 a	8,77 at	ND
Agrozebu	41,87 a	2,30 a	3,97 at	1,34 ab	24,71 a	1,10 a	0,21 at	4,02 a	75,62 a	52,93 a	10,89 at	ND
Embrapa 29	42,44 a	2,38 a	3,57 at	1,25 abc	21,50 abc	1,32 a	0,14 b	3,99 a	69,59 a	52,63 a	11,1 at	ND
Fundacep Fapa 23	43,47 a	2,15 a	2,01 b	0,92 d	20,26 abc	0,98 a	0,17 at	2,30 c	71,20 a	30,43 a	6,18 at	ND
Iapar 61	42,03 a	1,80 a	4,26 at	1,29 abc	17,93 abc	1,07 a	0,27 at	4,00 a	89,63 a	50,62 a	11,11 at	ND
Ipr 126	42,97 a	1,71 a	3,14 at	1,01 cd	15,47 c	1,00 a	0,40 a	1,97 c	139,8 a	41,79 a	4,87 b	ND
Upfa 21	42,02 a	2,18 a	4,66 a	1,54 a	23,96 a	1,32 a	0,23 at	4,05 a	106,9 a	59,93 a	12,09 a	ND
Utf Iguaçú	43,59 a	1,83 a	2,16 at	1,09 bcd	16,86 bc	1,16 a	0,21 at	2,35 bc	69,97 a	42,21 a	10,24 at	ND
Média	42,43	2,12	3,47	1,24	20,86	1,19	0,21	3,35	79,31	46,67	9,39	
CV%	1,51	12,27	25,07	8,94	11,33	15,64	42,18	9,56	36,98	22,15	23,34	

## conteúdo

Cultivar	g ha <sup>-1</sup>											
	C	N	Ca	Mg	K	P	Al	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	kg ha <sup>-1</sup>											
Agrocoxilha	3814,7 at	197,8 at	32,92 at	12,21 b	206,8 abc	12,43 at	1,5 at	33,61 ab	507,6 a	406,1 at	77,54 at	ND
Agroijuí	3714,1 at	197,4 at	26,3 b	11,00 bc	203,7 abc	11,76 at	1,03 b	28,52 bcd	496,4 a	411,64 at	90,22 at	ND
Agroplanalto	3557,0 at	200,4 at	36,97 at	11,42 bc	187,2 abc	10,30 at	1,16 b	33,16 ab	498,9 a	392 at	75,09 at	ND
Agrozebu	3989,0 at	218,7 at	37,21 at	12,69 b	233,7 ab	10,40 at	1,97 at	38,29 ab	712,5 a	499,1 at	104,2 at	ND
Embrapa 29	3687,1 at	206,5 at	30,98 at	10,84 bc	186,79 abc	11,40 at	1,17 b	34,63 ab	600,4 a	455,8 at	96,27 at	ND
Fundacep Fapa 23	3133,3 b	157,4 b	15,26 b	6,62 c	147,4 bc	7,10 b	1,28 at	16,71 d	528,8 a	222,22 b	45,47 b	ND
Iapar 61	3278,5 b	140,8 b	33,55 at	10,14 bc	141,3 bc	8,50 b	2,13 at	31,22 bc	715,3 a	398,4 at	87,49 at	ND
Ipr 126	3746,2 at	149,7 b	26,82 b	8,90 bc	138,2 bc	8,81 at	3,48 at	17,21 d	1216 a	362,5 b	43,12 b	ND
Upfa 21	4804,7 a	248,9 a	53,33 at	17,63 a	274,4 a	15,04 a	2,62 at	46,2 a	1229 a	673,3 a	137,8 a	ND
Utf Iguaçú	3359,3 b	141,6 b	16,70 b	8,40 bc	130,3 c	8,91 at	1,63 at	18,15 cd	542,8 a	323,7 b	79,00 at	ND
Média	3708,4	185,92	31,00	10,99	185	10,47	1,80	29,77	704,8	414,5	83,61	
CV%	12,87	15,70	27,41	15,30	18,72	21,41	44,04	15,67	26,96	25,81	27,96	

## Arapoti - PR

Cultivar	teor											
	C	N	Ca	Mg	K	P	Al	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	----- % -----											
	----- g kg <sup>-1</sup> -----											
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----											
Agrocoxilha	42,75 a	1,88 at	3,63 a	1,67 a	20,66 a	1,08 a	0,09 a	3,88 a	46,99 a	60,17 at	10,18 at	38,47 a
Agroijuí	43,23 a	1,87 at	2,82 abc	1,51 a	18,33 a	0,95 a	0,07 a	3,41 at	47,27 a	50,60 b	9,76 at	26,13 a
Agroplanalto	43,41 a	2,37 a	3,42 ab	1,63 a	20,11 a	1,15 a	0,08 a	3,33 at	54,47 a	58,54 at	9,96 at	89,72 a
Agrozebu	42,85 a	1,85 at	3,31 ab	1,69 a	20,29 a	1,06 a	0,07 a	3,08 at	41,32 a	68,80 at	13,85 at	44,24 a
Embrapa 29	42,93 a	1,99 at	3,22 ab	1,60 a	19,65 a	1,17 a	0,09 a	3,25 at	51,37 a	63,48 at	8,80 at	114,8 a
Fundacep Fapa 23	43,96 a	1,72 at	1,61 c	1,35 a	15,92 a	0,96 a	0,14 a	2,46 at	52,20 a	39,44 b	6,75 b	34,95 a
Iapar 61	43,51 a	1,87 at	3,69 a	1,73 a	18,73 a	1,25 a	0,08 a	3,55 at	46,97 a	84,11 a	14,78 a	57,14 a
Ipr 126	43,57 a	1,61 b	2,42 abc	1,42 a	16,90 a	1,20 a	0,08 a	2,31 b	48,55 a	44,88 b	10,85 at	68,37 a
Upfa 21	43,42 a	1,67 at	2,69 abc	1,43 a	16,62 a	0,80 a	0,09 a	3,07 at	42,91 a	54,22 at	7,38 at	19,25 a
Utf Iguaçu	43,22 a	1,73 at	2,09 bc	1,36 a	16,89 a	1,14 a	0,08 a	2,51 at	38,83 a	47,20 b	9,22 at	38,26 a
Média	43,29	1,86	2,89	1,54	18,41	1,08	0,09	3,09	47,09	57,14	10,15	53,13
CV%	1,02	13,48	16,78	12,02	11,76	22,72	30,23	17,13	24,1	18,31	27,21	110,7
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----											
	----- g ha <sup>-1</sup> -----											
	----- conteúdo -----											
Agrocoxilha	2936,4 a	128,9 a	24,70 a	11,46 a	141,72 a	7,42 a	0,62 a	26,65 a	324,9 a	412 at	70,44 at	264,2 a
Agroijuí	3324,9 a	144,7 a	21,82 ab	11,57 a	140,67 a	7,20 a	0,49 a	26,27 a	370,1 a	392,68 at	75,25 at	200,1 a
Agroplanalto	3125,8 a	171,3 a	24,30 a	11,71 a	144,16 a	8,25 a	0,55 a	23,96 a	392,7 a	415,1 at	70,72 at	434,1 a
Agrozebu	2775,2 a	121,4 a	21,00 ab	10,78 a	130,49 a	6,91 a	0,42 a	19,93 a	263,1 a	450,4 at	86,08 at	175 a
Embrapa 29	2451,5 a	113,5 a	18,33 abc	9,08 a	112,11 a	6,64 a	0,49 a	18,46 a	293,5 a	365 at	49,46 b	436,8 a
Fundacep Fapa 23	2761,6 a	108,3 a	10,13 c	8,49 a	99,87 a	6,00 a	0,87 a	15,34 a	323,2 a	248,55 b	41,67 b	145,4 a
Iapar 61	3081,2 a	132,0 a	26,30 a	12,26 a	131,03 a	8,89 a	0,59 a	25,39 a	332,3 a	592,5 a	104 a	427,7 a
Ipr 126	3216,1 a	120,0 a	17,94 abc	10,50 a	125,08 a	8,91 a	0,56 a	17,13 a	364 a	326,9 b	79,77 at	505,5 a
Upfa 21	3437,6 a	130,6 a	21,06 ab	11,18 a	130,44 a	6,20 a	0,69 a	24,16 a	336,2 a	430,5 at	57,25 at	45,51 a
Utf Iguaçu	2530,8 a	101,3 a	12,32 bc	7,98 a	98,84 a	6,74 a	0,45 a	14,79 a	230,7 a	274,3 b	54,43 at	228,5 a
Média	2964,11	127,20	19,79	10,50	125,44	7,32	0,57	21,21	323,05	390,79	68,91	286,3
CV%	12,58	19,59	18,36	14,43	13,95	25,1	36,57	21,4	28,76	22,42	25,68	109,4

Castro - PR

Cultivar	teor											
	C	N	Ca	Mg	K	P	Al	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	%		g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
Agrocoxilha	43,46 a	1,15 a	2,50 a	1,20 a	14,35 a	0,97 a	0,18 a	3,48 a	57,96 at	64,64 a	10,81 a	ND
Agroijui	42,85 a	1,50 a	1,77 a	0,94 a	9,58 a	0,58 a	0,12 a	2,43 a	40,97 b	34,85 a	5,84 a	ND
Agroplanalto	42,71 a	1,49 a	3,26 a	1,46 a	14,79 a	1,08 a	0,48 a	4,32 a	141,4 a	67,88 a	12,42 a	ND
Agrozebu	43,05 a	1,27 a	2,76 a	1,30 a	15,63 a	1,04 a	0,19 a	3,75 a	64,45 at	62,06 a	10,22 a	ND
Embrapa 29	43,38 a	1,42 a	3,16 a	1,50 a	15,03 a	1,24 a	0,19 a	3,67 a	77,58 at	70,71 a	11,12 a	ND
Fundacep Fapa 23	43,13 a	1,71 a	1,84 a	1,26 a	17,89 a	1,27 a	0,18 a	2,71 a	53,45 at	41,99 a	6,53 a	ND
Iapar 61	42,94 a	1,21 a	2,17 a	1,21 a	17,13 a	0,96 a	0,12 a	2,97 a	37,72 b	53,64 a	10,84 a	ND
Ipr 126	42,97 a	1,20 a	1,82 a	1,13 a	10,41 a	0,79 a	0,12 a	1,94 a	44,81 at	59,12 a	9,62 a	ND
Upfa 21	43,48 a	1,31 a	2,88 a	1,33 a	13,46 a	0,92 a	0,14 a	3,52 a	53,42 at	58,13 a	9,25 a	ND
Utf Iguaçú	42,99 a	1,45 a	2,15 a	1,33 a	15,52 a	0,90 a	0,22 a	2,63 a	70,46 at	42,66 a	7,96 a	ND
Média	43,10	1,37	2,43	1,27	14,38	0,98	0,19	3,14	64,22	55,57	9,46	
CV%	1,42	25,36	23,82	22,73	28,55	27,07	69,9	28,76	52,04	25,15	45,64	
conteúdo												
	g ha <sup>-1</sup>											
Agrocoxilha	4258,1 abc	112,2 a	24,23 abc	11,64 a	139,00 a	9,56 a	1,78 a	33,53 at	562,1 at	630,5 at	562,1 at	ND
Agroijui	3995,1 abc	138,2 a	16,84 bc	8,85 a	90,58 a	5,53 a	1,08 a	22,96 at	386,3 b	325,42 at	386,3 b	ND
Agroplanalto	4414,2 ab	154,1 a	33,68 a	15,13 a	153,6 a	11,24 a	5,00 a	44,79 a	1483 a	699,9 a	1483 a	ND
Agrozebu	4308,7 abc	127,8 a	27,69 abc	13,04 a	156,4 a	10,54 a	1,89 a	37,42 at	646,6 at	619,1 at	646,6 at	ND
Embrapa 29	3326,1 cd	109,8 a	24,22 abc	11,42 a	117,28 a	9,50 a	1,45 a	28,03 at	603,1 at	541,5 b	603,1 at	ND
Fundacep Fapa 23	2796,1 d	109,4 a	11,93 c	8,18 a	113,8 a	8,14 a	1,16 a	17,48 b	340,9 b	276,68 at	340,9 b	ND
Iapar 61	4750,6 a	135,8 a	23,84 abc	13,34 a	190,2 a	10,57 a	1,29 a	32,50 at	415,4 b	591,8 at	415,4 b	ND
Ipr 126	3445,3 bcd	97,5 a	14,62 bc	9,11 a	83,83 a	6,38 a	0,97 a	15,54 b	359,1 b	475,4 at	359,1 b	ND
Upfa 21	4628,0 a	140,0 a	30,82 ab	14,20 a	142,20 a	9,93 a	1,54 a	37,55 at	564,4 at	626,6 at	564,4 at	ND
Utf Iguaçú	3523,2 bcd	118,2 a	17,54 abc	10,82 a	127,4 a	7,44 a	1,67 a	21,52 at	552,1 at	349,6 at	552,1 at	ND
Média	3944,5	124,3	22,54	11,57	131,42	8,88	1,78	29,13	591,26	513,63	591,3	
CV%	9,38	26,73	25,3	23,89	29,18	28,62	78,43	29,05	56,84	26,76	56,84	