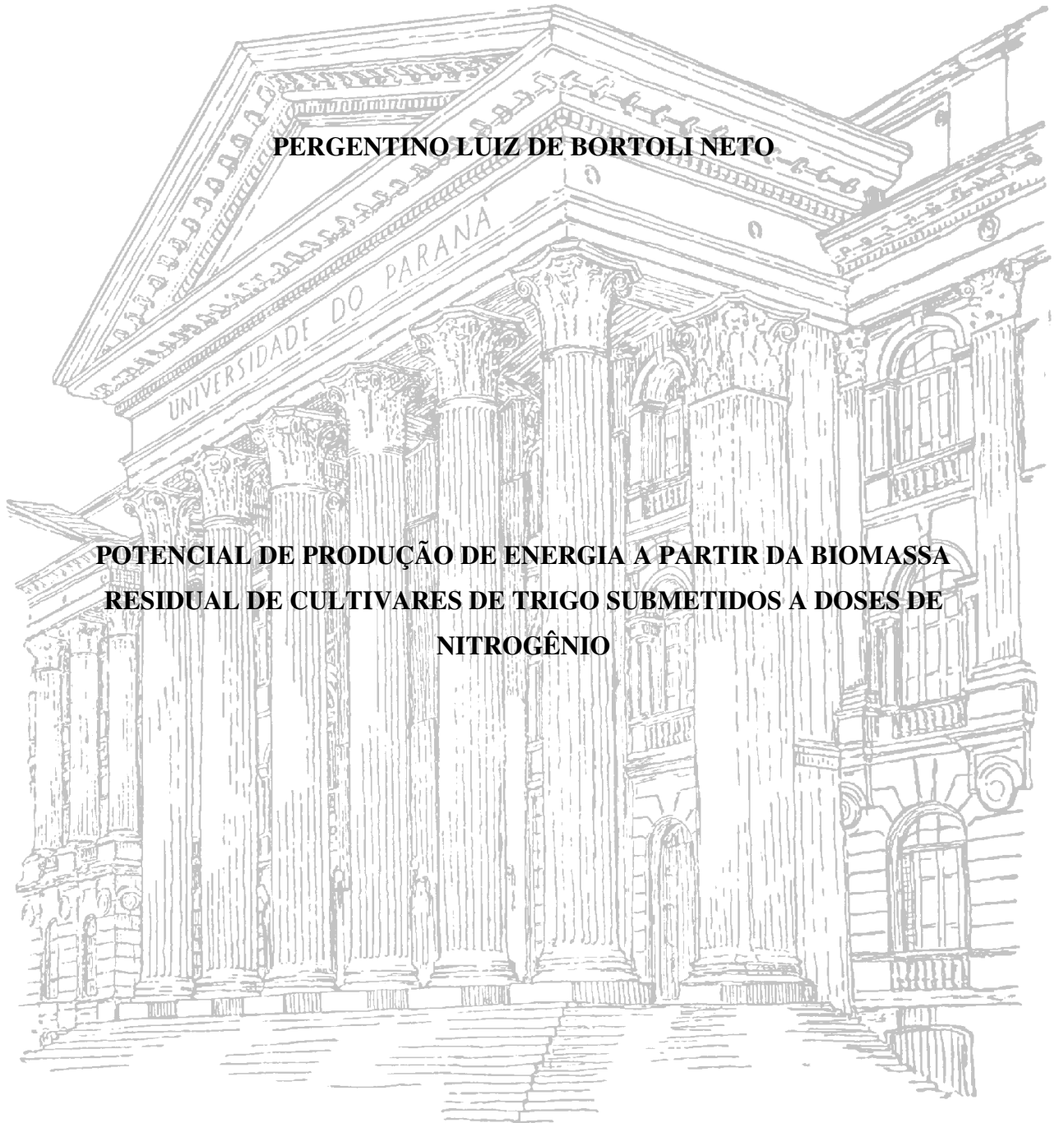


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

PERGENTINO LUIZ DE BORTOLI NETO



**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA BIOMASSA
RESIDUAL DE CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDOS A DOSES DE
NITROGÊNIO**

CURITIBA

2014

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

PERGENTINO LUIZ DE BORTOLI NETO

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA BIOMASSA
RESIDUAL DE CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDOS A DOSES DE
NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Co-orientador: Dr. Gabriel Barth

Co-orientador: Prof. Dr. Milton Ferreira de Moraes

CURITIBA

2014

PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **PERGENTINO LUIZ DE BORTOLI NETO**, intitulada: "**Potencial de produção de energia a partir da biomassa residual de cultivares de trigo submetidos a doses de nitrogênio**", 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, 20 de março de 2014.

Prof. Dr. Volnei Pauletti, Presidente

Prof. Dr. Gabriel Barth, Iº. Examinador

Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva, IIº. Examinador

Aos meus pais, Ondina Da Fátima De Bortoli e Vilson Jose de Bortoli, meus irmãos,
Cristiane, Idiamara, Maria Cristina e Vilson, minha namorada Claudia Slusarz, ao meu
orientador Volnei Pauletti, maiores incentivadores da minha caminhada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me acompanhar em toda minha caminhada.

Agradeço ao meu orientador Volnei Pauletti com quem tenho aprendido muito, por toda sua paciência, pelo seu dom de ensino, pela sua forma cortês e amigável de ensinar, por todos esses anos de orientação, desde a graduação até os dias de hoje. Professor Muito Obrigado.

Aos meus coorientadores Gabriel Barth e Milton Ferreira de Moraes por terem me guiado e muito ajudado durante todo esse período.

A todo o programa de Pós Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná, pela compreensão, paciência e pela oportunidade concedida.

A CAPES pela concessão da bolsa fazendo ser possível a conclusão deste trabalho.

Agradecimento especial à Fundação ABC por toda a colaboração e apoio na condução dos experimentos no campo.

Ao Laboratório de Energia da Biomassa na pessoa do Professor Dimas pelo espaço concedido para a realização das análises de poder calorífico.

Ao laboratório de Biogeoquímica na pessoa do Professor Renato Marques por ter permitido que se fizessem as análises de teores de nutrientes.

Ao laboratório de Nutrição Mineral de Plantas na pessoa do professor Volnei Pauletti por oferecer toda a estrutura necessária para o preparo, processamento e análise do material utilizado.

Aos meus amigos do PPGCS/UFPR, Mauricio Zagatto, Claudinei, Rodrigo Ambrósio, Reinaldo, Joyce, Letícia, João Pascoalino, Tiago Jarek, Gilson, Giovana, Bruna, Murilo, Maico, Thiago Ranzan, Rose, Raul, Julierme, Rangel, Steve e Wilson .por cada conversa, conselho, ajuda, orientação, informação e apoio

Agradeço a toda minha família, minha mãe Ondina, meu pai Vilson, meus irmãos Cristiane, Idiamara, Maria Cristina e Vilson Filho, e minha namorada Claudia, pelo apoio, incentivo e compreensão durante esse período.

A todos meus mais sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL E MÉTODOS	3
2.1 Área de estudo e instalação	3
2.2 Produtividade de grãos e biomassa	5
2.3 Análise de poder calorífico superior, teor de cinzas e nutrientes	5
2.4 Análises estatísticas	7
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
3.1 Produtividade de grãos e biomassa	7
3.2 Índice de colheita	9
3.3 Teor de cinzas e nutrientes	11
3.4 Acúmulo de nutrientes na biomassa de trigo.....	16
3.5 Poder calorífico superior (PCS)	19
3.6 Potencial energético máximo teórico.....	21
4 CONCLUSÕES	23
5 LITERATURA CITADA	23
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
ANEXOS	29
RESUMO BIOGRÁFICO	33

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA BIOMASSA RESIDUAL DE CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDOS A DOSES DE NITROGÊNIO¹

Autor: Pergentino Luiz De Bortoli Neto

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Co-Orientador: Dr. Gabriel Barth

Co-orientador: Prof. Dr. Milton Ferreira de Moraes

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de produção de energia da biomassa residual da colheita do trigo, e sua variação em função da cultivar e dose de nitrogênio utilizada. Para isso instalou-se experimentos em Arapoti-PR e Ponta Grossa-PR combinando três cultivares (Supera, Mirante e Quartzo) com cinco doses de nitrogênio (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹). Foram realizadas avaliações de produção de grãos e de biomassa residual, teores de nutrientes e o potencial energético da biomassa residual. Em Arapoti as cultivares responderam de maneira similar às doses crescentes de nitrogênio para a produtividade de grãos, com valor máximo obtido com 182 kg ha⁻¹ de N para uma produtividade média de 4094 kg ha⁻¹. Em Ponta Grossa a resposta foi similar entre as cultivares para as doses de nitrogênio sendo a Quartzo a que apresentou maior potencial produtivo. A produtividade de biomassa teve acréscimos lineares em Arapoti e resposta quadrática em Ponta Grossa com o aumento nas doses de N, sendo nos dois casos a cultivar Supera a mais produtiva, com 1665 e 2226 kg ha⁻¹, respectivamente. O aumento no potencial energético é explicado pelo aumento de produtividade da biomassa. Para a máxima produtividade de biomassa em Ponta Grossa o potencial energético foi de 2614 kWh ha⁻¹, enquanto que em Arapoti o potencial foi de 1668,93 kWh ha⁻¹. A aplicação de N alterou o teor de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio na planta em Arapoti, e de nitrogênio e cálcio em Ponta Grossa. O conteúdo dos nutrientes exportado com a colheita da biomassa para geração de energia segue a ordem K > N > Ca ≥ Mg > P.

Palavras-chave: Bioenergia; Energia da biomassa; *Triticum aestivum*; Adubação nitrogenada

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (43 p.) Março, 2014.

ENERGY POTENTIAL PRODUCTION OF RESIDUAL BIOMASS OF WHEAT CULTIVARS TO NITROGEN LEVELS SUBMITTED²

Author: Pergentino Luiz De Bortoli Neto

Advisor: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Co- Advisor: Dr. Gabriel Barth

Co- Advisor: Prof. Dr. Milton Ferreira de Moraes

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the potential for energy production from waste biomass of wheat harvest, and its variation depending on the cultivar and nitrogen rate used. For this settled experiments in Arapoti-PR and Ponta Grossa-PR matching three cultivars (Supera, Mirante and Quartzo) with five nitrogen rates (0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹). Reviews of grain production and residual biomass production, nutrient content and residual biomass energy potential were performed. In Arapoti cultivars responded similarly to increasing doses of nitrogen for grain yield manner, with maximum value obtained with 182 kg ha⁻¹. In Ponta Grossa cultivars responded similarly to increasing rates of nitrogen for grain yield, the Quartzo cultivar was presented highest yield potential. The biomass productivity increases in Arapoti had, linear and quadratic in Ponta Grossa, being in two cases to cultivar Supera the most productive, with 1665 and 2226 kg ha⁻¹, respectively. Nitrogen application influences positively the potential energy differently according to the culture environment. The increase in potential energy is explained by the increase productivity of biomass. The maximum of energy obtained in Arapoti was 1668 kWh ha⁻¹, and in Ponta Grossa was 2614 kWh ha⁻¹, with maximum biomass productivity. The N application alter the levels of nitrogen, phosphorous, calcium and potassium, and nitrogen and calcium in Ponta Grossa. The content of nutrients exported with the harvest of biomass for power generation that follows the order K > N > Ca ≥ Mg > P.

Key-Words: Bioenergy; Energy of the biomass; *Triticum aestivum*; nitrogen fertilization.

² Soil Science Master Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (43 p.) March, 2014.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização do município de Ponta Grossa (A), e do município de Arapoti (B), no estado do Paraná, sul do Brasil.	4
FIGURA 2	Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de três cultivares de trigo submetidas a diferentes doses de nitrogênio em Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa-PR (B)	8
FIGURA 3	Produção de biomassa de três cultivares de trigo nos municípios de Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa-PR (B) em função de doses crescentes de nitrogênio.	9
FIGURA 4	Índice de colheita de três cultivares de trigo submetidas a doses crescentes de nitrogênio em Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa-PR (B).	11
FIGURA 5	Teor de cinzas (A e B), fósforo (C e D), potássio (E e F), cálcio (G e H), magnésio (I e J), nitrogênio (K e L) e carbono (M e N) em Arapoti e em Ponta Grossa, respectivamente, de três cultivares de trigo submetidas à doses de nitrogênio.	14
FIGURA 6	Conteúdo de fósforo (A e B), potássio (C e D), cálcio (E e F), magnésio (G e H), nitrogênio (I e J) e carbono (K e L) em Arapoti e em Ponta Grossa, respectivamente, de três cultivares de trigo submetidas à doses de nitrogênio.	18
FIGURA 7	Poder calorífico superior (PCS) de três cultivares de trigo em resposta a diferentes níveis de adubação nitrogenada em Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa (B),	20
FIGURA 8	Potencial energético (kWh ha^{-1}) de três cultivares de trigo, submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada em Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa-PR (B),	22

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Produtividade de grãos, biomassa seca e Índice de Colheita (IC), média entre as doses aplicadas em Arapoti e Ponta Grossa.....08
TABELA 2	Conteúdo de nutrientes na ausência de aplicação de nitrogênio, média entre as doses aplicadas e a porcentagem média de resposta entre as três cultivares e as quatro doses de aplicação em Arapoti e Ponta Grossa.....19
TABELA 3	Poder calorífico superior (PCS) e potencial energético médio entre as doses de nitrogênio aplicadas em três cultivares de trigo em Arapoti e Ponta Grossa.....21

1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional somado a crescente demanda per capita de energia tem refletido numa demanda energética total cada vez maior. E ainda, a maior conscientização das pessoas sobre os males da emissão de gases de efeito estufa à atmosfera, forçam a busca por fontes alternativas de energia, que sejam mais sustentáveis. Procura-se diminuir as emissões de gases para evitar a sua maior concentração na atmosfera como tem acontecido ao longo das últimas décadas em função da intensificação das atividades antrópicas e que tem repercutido em danos ambientais e no aquecimento global (Llorente & Garcia, 2008; Callesen et al., 2010).

Em torno de 13% da matriz energética mundial é derivada de fontes renováveis. O petróleo fornece aproximadamente 33% da energia consumida, o carvão mineral 27% e o gás natural 21%. Portanto a participação de fontes renováveis ainda é relativamente baixa quando comparada às fontes de energias fósseis. Isso é diferente no Brasil onde a oferta de energia é proveniente 57,6% de fontes não renováveis (petróleo, gás natural, carvão mineral, etc.) e 42,4% proveniente de fontes de fontes renováveis (hidráulica e eletricidade, lenha e carvão vegetal, cana e derivados, etc.) (Ministério de Minas e Energia, 2013).

Devido ao grande volume produzido anualmente e a sua ampla distribuição nas regiões produtoras, a biomassa residual de cultivos agrícolas pode ser uma fonte considerável de energia que deve ser estudada quanto a sua possibilidade de utilização. A grande vantagem da utilização dos resíduos da produção agrícola é a conciliação da produção de alimentos com a produção de biomassa para energia, (Haberl et al., 2011), contornando assim as especulações sobre a competição por área para a produção de alimentos e de fontes de energia.

O trigo está entre os três cereais mais produzidos no mundo. Anualmente são produzidas em torno de 650 milhões de toneladas. Seu cultivo é distribuído por várias partes do mundo, sendo os principais países produtores a China, Índia e os Estados Unidos. O Brasil produz em média seis milhões de toneladas anualmente em dois milhões de hectares (FAO, 2010). No Brasil, o trigo é cultivado principalmente na Região Sul como uma espécie de inverno, utilizado na rotação de culturas. O estado do Paraná é o maior produtor nacional numa área cultivada de aproximadamente um milhão de hectares e com produtividade média de 2500 kg ha⁻¹ (IBGE, 2012). Para cada quilograma de grão, o trigo produz aproximadamente 1,2 kg de biomassa (Bredemeier & Mundstock, 2001; White & Wilson, 2006 e Espindula et al., 2010) que pode ser utilizada na produção de energia.

A produtividade do trigo assim como as outras culturas está diretamente relacionada com o manejo adotado pelos produtores. Entre as técnicas de manejo que exercem influência direta sobre a produtividade de grãos está a adubação nitrogenada e a escolha de cultivares mais adequadas à região de cultivo. Segundo Braz et al. (2006), a cultura do trigo pode responder quadraticamente ou linearmente à adubação nitrogenada. Por se tratar de uma poácea as exigências em nitrogênio são elevadas, diferenciando-se das leguminosas como a soja que se beneficia da fixação biológica do nitrogênio contido no ar. Pinnow et al. (2013) e Shi et al. (2010) encontraram respostas crescentes na produtividade de grãos com o aumento das doses aplicadas, bem como maior produtividade de biomassa podendo facilmente dobrar a produtividade em maiores doses.

Além da quantidade produzida, a composição do material utilizado para a obtenção de energia tem influência sobre o seu potencial energético. Podem existir variações na composição da biomassa em função da espécie utilizada e também em função das variedades da mesma espécie. Naik et al. (2010), ao analisarem diferentes biomassas residuais, concluíram que a biomassa residual do trigo apresentou teores de carbono maiores e teores de cinzas menores quando comparados aos da cevada, apresentando poder calorífico equivalente ao da madeira de pinheiro e da palha de linho e superior à biomassa residual de gramíneas. Lindedam et al. (2012) observaram diferenças entre os genótipos de trigo quanto aos teores de açúcares para etanol a partir da palha. Os autores concluíram ainda, que a seleção de cultivares de trigo para uma matéria-prima melhorada voltada à produção de biocombustíveis é possível, pois a herdabilidade da característica foi de 57%, e houve poucas relações adversas sobre outras características agrônômicas em relação à produtividade de grãos.

O teor de carbono e hidrogênio é importante para qualquer biocombustível sólido. No momento da combustão o C e o H são oxidados formando CO_2 e H_2O . Quanto maior for o teor de C e H nos tecidos vegetais utilizados como biocombustíveis maior será o seu poder calorífico superior (PCS). O PCS é a quantidade de energia na forma de calor liberada por uma unidade de massa (Carroll & Finnan, 2012; Briane & Doat, 1985; Quirino et al., 2005).

Geralmente, os teores de C são superiores em madeiras do que em resíduos de plantas herbáceas, conferindo à madeira maiores PCSs (Carroll & Finnan, 2012). Ainda segundo os mesmos autores o teor de cinzas produzido por combustíveis provenientes de plantas herbáceas é maior do que aqueles provenientes de madeira de árvores, como consequência disso o conhecimento do tipo de material a ser utilizado para a queima é importante para a escolha correta do tipo de caldeira a ser utilizada para a queima. Caso o

material seja incompatível com as características da caldeira poderá haver um menor aproveitamento do potencial energético, aumento das emissões de gases, formação de camadas de cinzas que desfavorecerão a combustão do material, além de uma maior frequência de limpeza e manutenção.

O teor de nutrientes encontrados na biomassa deve ser determinado uma vez que a retirada desse material da área pode empobrecer o solo local devido a não reposição dos nutrientes exportados.

O presente trabalho teve por objetivos avaliar o potencial energético da biomassa residual do trigo, a influência do material genético e doses de nitrogênio sobre esse potencial bem como determinar a exportação de nutrientes em função de cultivares e doses de nitrogênio pela retirada da biomassa para a produção de energia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO E INSTALAÇÃO

Foram desenvolvidos dois experimentos nas Estações Experimentais (EE) pertencentes à Fundação ABC nos municípios de Arapoti-PR e Ponta Grossa-PR localizados nos Campos Gerais do Paraná, no ano safra 2011. As coordenadas dos locais dos experimentos foram $-24^{\circ}11'48''S$, $-49^{\circ}52'36''O$ em Arapoti e $-25^{\circ}0'49,86''S$, $-50^{\circ}9'0,54''O$ em Ponta Grossa (Figura 1).

O clima predominante na EE de Arapoti segundo a classificação de Koppen é o Cfa subtropical úmido com verão quente. O solo do local do experimento é classificado como um Latossolo amarelo (Embrapa/FABC, 2001), apresentando as seguintes características químicas na camada de 0 a 20 cm: P (resina) = 24 mg dm³; matéria orgânica (MO) = 26 g dm³. pH (CaCl₂) = 5,1; saturação por bases (V) = 45%; em mmol_c dm³ H+Al (SMP) = 34; Al = 0,0; K = 1,1; Ca = 19; Mg = 8; soma de bases (SB) = 28,1 e (Capacidade de Troca Catiônica) = 62,1. Em Ponta Grossa o clima é classificado como Cfb clima temperado úmido com verão temperado. O solo do local do experimento é classificado como um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilo-arenosa (Embrapa/FABC, 2001), apresentando as seguintes características químicas na camada de 0 a 20 cm: P (resina) = 49 mg dm³; matéria orgânica (MO) = 39 g dm³; pH (CaCl₂) = 5,6; saturação por bases (V) = 49%; em mmol_c dm³ H+Al (SMP) = 32; Al = <0,1; K = 2,1; Ca = 30; Mg = 14; soma de bases (SB) = 46,01 e Capacidade de Troca Catiônica = 78,1.

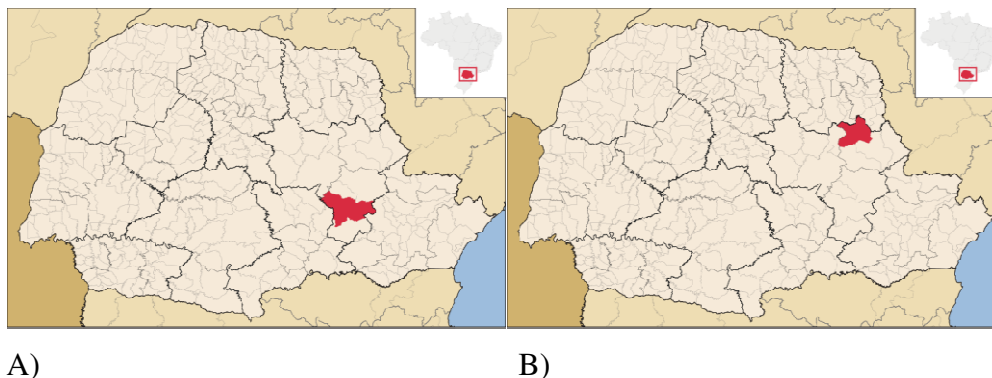


Figura 1. Localização do município de Ponta Grossa (A) e do município de Arapoti (B), no estado do Paraná.

Nos dois locais a implantação do experimento foi feita em junho de 2011 em sucessão à cultura do milho. Para a semeadura foi utilizada uma semeadora adubadora SHM 1715, com espaçamento entre as linhas de 0,17 m, objetivando uma população final de 300 plantas por metro quadrado.

No momento da semeadura foi realizada a adubação com 30 kg ha^{-1} de nitrogênio na forma de nitrato de amônio, e 300 kg ha^{-1} do formulado 0-20-20 (N-P₂O₅-K₂O). O restante do nitrogênio correspondente a cada dose foi aplicado em cobertura, a lanço e sem incorporação, no perfilhamento do trigo. Foi utilizada a aplicação de regulador de crescimento a fim de evitar problemas com acamamento da cultura.

As parcelas experimentais tiveram 5 metros de comprimento e 3 metros de largura compreendendo uma área de 15 m^2 . Foi considerada como bordadura 0,5 m em cada lado da parcela, restando como área útil 4 metros de comprimento por 2,0 metros de largura, totalizando $8,0 \text{ m}^2$.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial, combinando-se cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha^{-1}) com três cultivares de trigo (Supera, Mirante e Quartzo) utilizando-se de quatro repetições.

2.2 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E BIOMASSA

A produtividade de grãos e de biomassa foi determinada pela colheita das nove linhas centrais da parcela com quatro metros de comprimento. A colheita foi realizada utilizando uma colhedora de parcelas. Os grãos foram pesados e em seguida foi determinada sua umidade para posterior correção a 13% de umidade que é o padrão nacional para determinação de produtividade e para o armazenamento, para a posterior extrapolação para hectare.

A produtividade de biomassa foi obtida pela pesagem de toda a biomassa que passou pela colhedora, recolhida pela adaptação de um big-bag no saca-palhas. Após a pesagem, uma subamostra da biomassa foi pesada e levada à estufa para secagem até peso constante, obtendo-se a umidade desta biomassa para extrapolação em quilograma de biomassa seca por hectare.

A biomassa que ficou no campo após a passagem da colhedora foi determinada coletando-se três linhas de 0,5 m cortadas ao nível do solo, levadas a estufa para a secagem até peso constante e posteriormente pesadas e a sua produção extrapolada para kg por hectare.

Com os dados de produtividade de grãos (a 13% de umidade) e de biomassa (soma do que passou pela colhedora com o que ficou no campo), determinou-se o índice de colheita

(IC). O IC é obtido pela fórmula:
$$IC = \frac{GP}{(GP + BP)}$$

Onde:

IC = Índice de Colheita

GP = Grãos Produzidos em kg ha⁻¹

BP = Biomassa Produzida em kg ha⁻¹

2.3 ANÁLISES DE PODER CALORÍFICO SUPERIOR, TEOR DE CINZAS, NUTRIENTES E UMIDADE.

As subamostras da biomassa que passou pela colhedora, a mesma utilizada para determinação da umidade, após ser seca em estufa e pesada, foi moída em moinho de facas tipo Willye, armazenada em sacos de polipropileno para então serem encaminhadas para as análises.

As análises de poder calorífico foram realizadas no Laboratório de Energia da Biomassa localizado no Departamento de Engenharia Florestal da UFPR. Para as análises seguiu-se a norma ABNT/NBR 8633/84 (ABNT, 1984), onde uma alíquota do material moído foi

colocada para secar em pequenas formas a 60°C por 24 horas, de onde foram retiradas e colocadas em dissecador até atingir temperatura ambiente. Dessa alíquota uma quantidade de 0,5 g aproximadamente foi retirada e colocada para queimar na bomba calorimétrica adiabática IKA WERKE modelo C5000 de onde se obtiveram os resultados de PCS em kcal kg⁻¹.

O potencial energético foi calculado através da fórmula: $E = \frac{PCS}{C1} \cdot C2 \cdot BS$ onde, E -

Energia obtida com a queima da biomassa (kWh ha⁻¹); PCS - Poder calorífico superior (Kcal kg⁻¹); C1 - Coeficiente para transformar a unidade Kcal para kWh (1 kWh = 860 Kcal) (Ministério de Minas e Energia, 2012); C2 - Eficiência média das caldeiras igual a 20% (Nogueira & Lora, 2003); BS - Biomassa seca do trigo (kg ha⁻¹).

A eficiência média das caldeiras modernas é superior a apresentada por Nogueira & Lora, 2003, chegando facilmente em 30% de eficiência de conversão Fiorese et al. (2013).

Não foram utilizados valores de poder calorífico inferior no presente trabalho, a fim de se obter o potencial energético máximo teórico do material. O poder calorífico inferior (PCI) pode ser calculado decrescendo 54 kcal kg⁻¹ para cada 1% de hidrogênio (H) encontrado no material (Souza et al., 2011). A biomassa do trigo apresenta teor médio de hidrogênio de 6,1% (Friedl et al., 2005).

O teor de cinzas determinado adaptando-se a metodologia descrita por Martins & Reissman (2007) e o teor de nutrientes foi determinado utilizando-se a mesma metodologia em sua forma original. O material moído foi seco novamente em estufa a 60°C por 24 horas, desse material foram retiradas alíquotas de aproximadamente 1,00 g e depositadas em cadinhos de porcelana M34 previamente tarados. Após a pesagem do material os cadinhos foram levados à mufla a 500°C por 3 horas, após resfriados, os cadinhos foram pesados novamente obtendo-se dessa maneira o teor de cinzas. Após a pesagem foram pingadas três gotas de HCl 3 mol L⁻¹ sobre as cinzas e levados à mufla novamente para uma segunda queima a 500 °C por 3 horas. Após este período e estando à temperatura ambiente, os cadinhos com o material receberam 10 ml de HCl 3 mol L⁻¹, foram levados para chapa de aquecimento por 10 minutos, e posteriormente foram feitas as filtragens obtendo-se o extrato que foi destinado para as leituras do teor de nutrientes. A determinação dos teores de P foi feita em espectrofotômetro UV-VIS I. A determinação de K foi feita em fotômetro de chama, as determinações dos teores de cálcio e magnésio foram feitas por espectroscopia de absorção atômica com chama. As análises do C-total e N-total, foram efetuadas por combustão via seca, com auxílio do aparelho VARIO EL III - Elementar.

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram testados quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett e posteriormente submetidos à análise de variância. Em caso de significância, as cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância e os efeitos das doses de N foram avaliados por regressão. Para as análises foram utilizados os softwares: Assistat, Microsoft Office Excel 2010 e Sigma Plot 12.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E DE BIOMASSA

A produtividade de grãos de trigo foi influenciada pelas doses de nitrogênio de maneira similar entre as cultivares para as condições de Arapoti e em Ponta Grossa, não havendo interação entre as cultivares e as doses de nitrogênio aplicadas. Em Arapoti (Figura 2A), a dose de máxima eficiência técnica (DMET), ou seja, aquela que proporcionou a maior produtividade, média entre as três cultivares (Supera, Mirante e Quartzo) foi de 182 kg ha⁻¹ de N, para uma produtividade máxima de 4094 kg ha⁻¹. Em Ponta Grossa a dose de máxima eficiência técnica encontrada foi de 123 kg ha⁻¹ para uma produtividade média de 5256 kg ha⁻¹ (Figura 2B). A cultivar Quartzo se destaca com as maiores produtividades em Ponta Grossa mesmo nas menores doses aplicadas, exibindo, portanto, um maior potencial produtivo para as condições locais (Tabela 1). Teixeira Filho et al. (2010) obtiveram DMET de 120 kg de N por ha⁻¹ para uma produtividade em torno de 3750 kg ha⁻¹, porém utilizando a cultivar E21.

As diferentes respostas do trigo à aplicação de nitrogênio, portanto, estão relacionadas às características intrínsecas a cada cultivar. Além disso, outros fatores como ambiente de cultivo e as condições climáticas locais durante o ciclo da cultura, exercem influência sobre a produtividade das cultivares. Algumas cultivares, por exemplo, tem menor resistência ao acamamento, e com isso, altas doses de nitrogênio podem prejudicar a produtividade (Espindula et al., 2010). Para melhorar a recomendação de N no trigo, além de resultados regionais de experimentos com doses deste nutriente, outras técnicas tem sido utilizadas, como o uso de alguns sensores. A partir da calibração dos sensores que captam a refletância e a absorvância de determinados comprimentos de onda pelas folhas das plantas, é possível determinar as doses de nitrogênio a serem aplicadas (Povh et al., 2010).

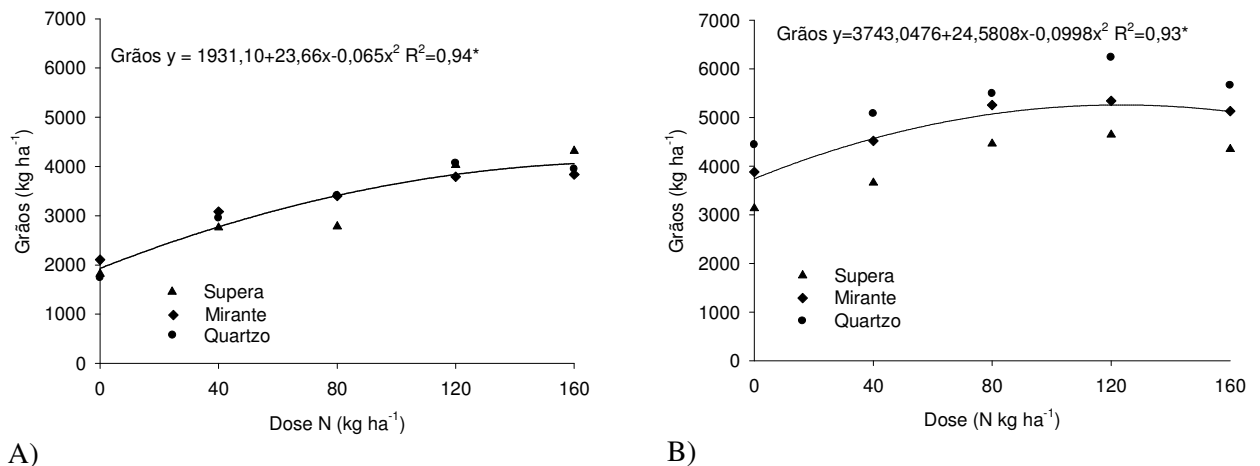


Figura 2. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de três cultivares de trigo submetidas a diferentes doses de nitrogênio em Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa-PR (B) (*) significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Produtividade de grãos, biomassa seca e índice de colheita (IC), média entre as doses aplicadas em Arapoti e Ponta Grossa.

	ARAPOTI			PONTA GROSSA		
	GRÃOS	BIOMASSA SECA	IC	GRÃOS	BIOMASSA SECA	IC
	kg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹		
Supera	3141 a	1665 a	0,65 b	4050 c	2226 a	0,65 b
Mirante	3244 a	1148 b	0,73 a	4826 b	1651 c	0,75 a
Quartzo	3222 a	1308 b	0,70 a	5380 a	1918 b	0,74 a

Mesmo com 160 kg ha⁻¹ de N aplicado, não se obteve a máxima produtividade de biomassa residual do trigo em Arapoti (Figura 3A), enquanto em Ponta Grossa, com o uso de 89 kg de N ha⁻¹ obteve-se a maior produtividade de 2466 kg ha⁻¹. Considerando estes resultados, foram necessários 36,10 kg de N ha⁻¹ para produzir uma tonelada de biomassa em Ponta Grossa. O aumento na produtividade de biomassa em função do aumento das doses de nitrogênio está associado à limitação exercida pelas doses baixas e pela elevada exigência da cultura do trigo por este nutriente (Basso et al., 2010).

A disponibilidade de água no solo bem como o teor de matéria orgânica e temperatura podem influenciar a absorção do nitrogênio e assim apresentar diferentes respostas na produtividade de grãos e biomassa em diferentes regimes hídricos e locais de cultivo (Rudorff et al., 2006). O solo de Ponta Grossa apresenta maiores teores de matéria orgânica e dessa forma disponibiliza maiores quantidades de nitrogênio a partir da mineralização, essa

disponibilização de N via matéria orgânica permite que mesmo em tratamentos na ausência de nitrogênio as cultivares tenham uma elevada produtividade.

Em Arapoti, a cultivar Supera apresentou produtividade de biomassa maior que as demais cultivares 1665 kg ha^{-1} , contra 1309 ha^{-1} apresentada pela cultivar Quartzo e 1148 kg ha^{-1} da cultivar Mirante. Isso também foi observado em Ponta Grossa, onde a cultivar Supera se mostrou mais produtiva às demais, produzindo em média 2226 kg ha^{-1} enquanto que as cultivares Mirante e Quartzo tiveram produtividade de 1651 kg ha^{-1} e 1918 kg ha^{-1} , respectivamente (Tabela 1). Diferenças entre cultivares de trigo quanto a produção de matéria seca também foram observadas por Rudorff et al. (2006) utilizando as cultivares IAC-289 e IAC-24.

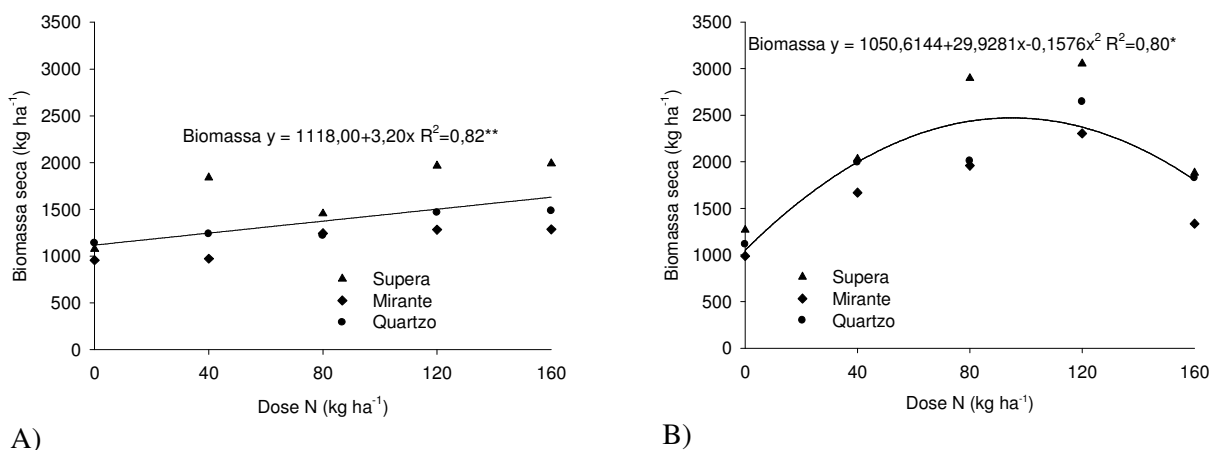


Figura 3. Produção de biomassa seca de três cultivares de trigo nos municípios de Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa-PR (B) em função de doses crescentes de nitrogênio. (*) significativo a 10% de probabilidade (**) significativo a 5% de probabilidade.

3.2 ÍNDICE DE COLHEITA (IC)

A cultivar Supera apresentou menor índice de colheita (0,65 em Arapoti e em Ponta Grossa) em relação às demais cultivares devido a sua maior produtividade de biomassa aérea. O IC das cultivares Mirante e Quartzo foram em média de 0,73 e 0,70 em Arapoti e de 0,75 e 0,74 em Ponta Grossa, respectivamente (Tabela 1). Em Arapoti (Figura 4A) o índice de colheita sofreu incremento nas maiores doses aplicadas, pois a produtividade de grãos aumentou em maior intensidade em relação ao aumento da produtividade de biomassa. Em Ponta Grossa (Figura 3b) ocorreu o oposto, o índice de colheita diminuiu nas maiores doses aplicadas, em função do aumento maior na produtividade de biomassa em relação à produtividade de grãos. A produtividade de grãos na ausência de aplicação de nitrogênio foi

de aproximadamente 3817 kg ha^{-1} , passando para na média das quatro doses aplicadas 4985 kg ha^{-1} , um incremento de 30% aproximadamente, enquanto isso a produtividade de biomassa passou de 1123 kg ha^{-1} para 2133 kg ha^{-1} na média das quatro doses de nitrogênio aplicadas, um incremento de 89%.

Considerando que 72% do nitrogênio absorvido pela planta é translocado para os grãos (Pauletti, 2004) e que o teor de matéria orgânica no solo em Ponta Grossa é maior que em Arapoti, parte da exigência de nitrogênio na ausência da adubação foi suprida pela mineralização do nitrogênio da matéria orgânica do solo, favorecendo a produtividade de grãos, já quando aplicado o nitrogênio favoreceu principalmente a produtividade de biomassa.

Os índices de colheita encontrados neste experimento são maiores aos encontrados por Bredemeier & Mundstock (2001), Golik et al. (2005), White & Wilson (2006), Espindula et al. (2010) e que obtiveram valores de 0,43, 0,35, 0,51 e 0,46, respectivamente. Provavelmente o método de colheita adotado tenha influência. Neste trabalho as determinações de produtividade foram feitas no ponto de colheita e não no ponto de maturação fisiológica da cultura como nos demais trabalhos, podendo existir perdas de biomassa nesse período. Outro fator que reflete diretamente sobre o IC é a utilização da produtividade de grãos a 13% de umidade, padrão nacional para determinação de produtividade e armazenamento, nos demais trabalhos o cálculo do IC parte da produtividade de grãos à umidade zero. A utilização da umidade zero reduz o IC em 0,04 pontos, mantendo a diferença com os demais trabalhos. Além disso, a utilização de cultivares melhoradas e mais produtivas favorecem a elevação do índice de colheita.

Considerando que a produtividade de grãos e de biomassa variaram entre cultivares, o que afetou de forma distinta no índice de colheita, é possível a seleção de cultivares visando tanto a produtividade de grãos para a alimentação humana quanto a de biomassa para a geração de energia. Entre as cultivares avaliadas, por exemplo, a Supera seria indicada para os dois objetivos quando cultivada em Arapoti, pois apresentou a mesma produtividade que as demais, porém maior produtividade de biomassa. Em Ponta Grossa, se o objetivo for a produção de grãos a cultivar indicada seria a Quartzo e de o objetivo for o duplo, para a produção de grãos e biomassa, a cultivar indicada seria a Supera (Tabela 1).

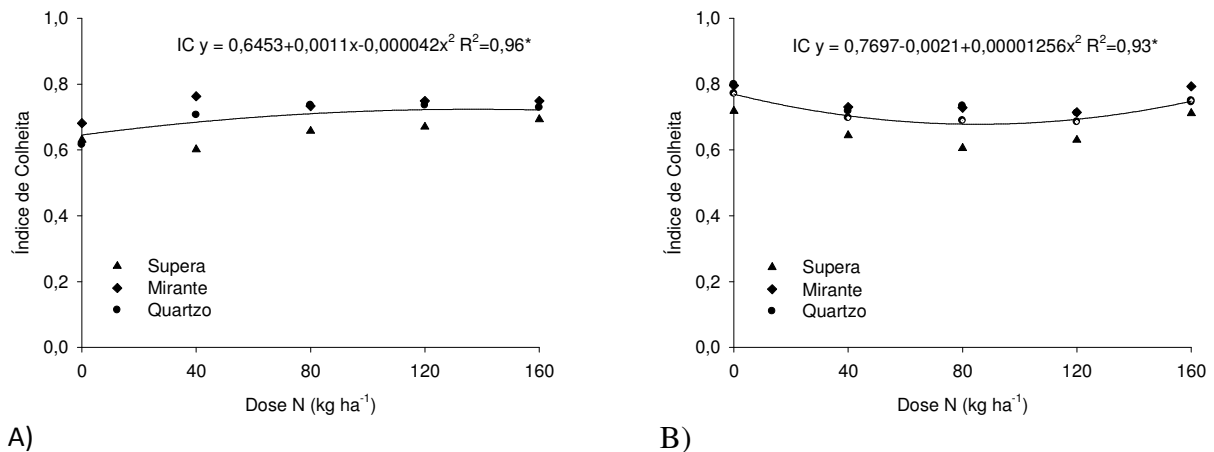
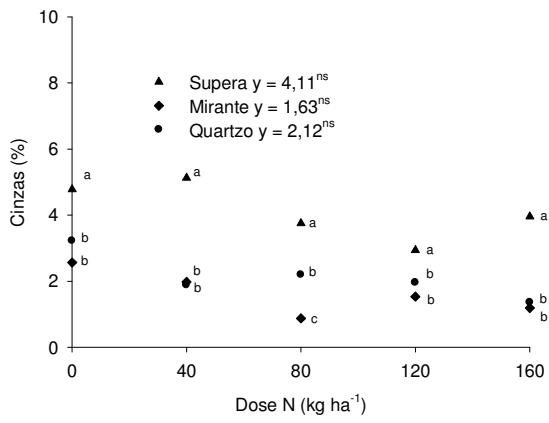


Figura 4. Índice de colheita de três cultivares de trigo submetidas a doses crescentes de nitrogênio em Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa-PR (B), (*) significativo a 5% de probabilidade.

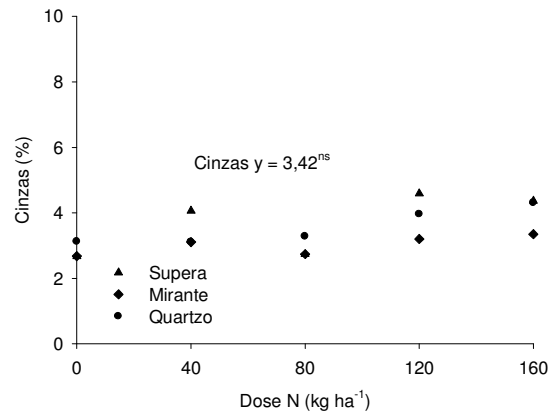
3.3 TEOR DE NUTRIENTES E DE CINZAS E NUTRIENTES

Em Arapoti o teor de cinzas da biomassa do trigo variou de 1,19 a 5,13 %, sendo que a cultivar Supera apresentou os maiores teores, em qualquer dose de N aplicada (Figura 5A). Apesar de não significativa, esta cultivar também tende a apresentar maiores teores de cinza que as demais cultivares quando cultivada em Ponta Grossa (Figura 5B). Os teores de cinzas obtidos para a biomassa do trigo tanto em Arapoti quanto em Ponta Grossa para todas as cultivares e em todos os níveis de adubação nitrogenada são menores aos 6,49% apresentados para a biomassa do trigo por Carrol & Finnan (2012), e 9,4% apresentados por Pauly & Keegstra (2008). Comparando com os valores apresentados por Carrol & Finnan (2012) os teores de cinzas encontrados na biomassa do trigo são próximos aos encontrados para a cevada (4,05%) e menores aos encontrados na canola (5,83%), porém maiores aos valores médios encontrados na madeira (0,31%). Considerando os teores de cinzas encontrados em resíduos da produção de grãos os teores de cinzas encontrados na biomassa residual do trigo são considerados satisfatórios.

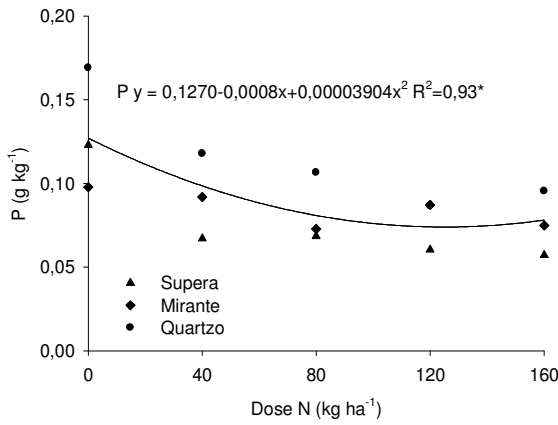
O teor de cinzas encontrado nos materiais combustíveis é um fator importante na caracterização dos materiais utilizados para a obtenção de energia (Blander & Pelton, 1997; Allica et al., 2001), procurando-se obter energia a partir de materiais com os menores teores de cinzas a fim de se reduzir a frequência de limpeza e manutenção das caldeiras.



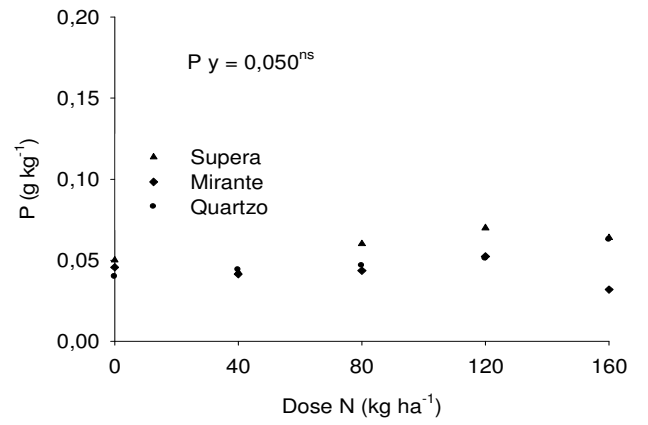
A)



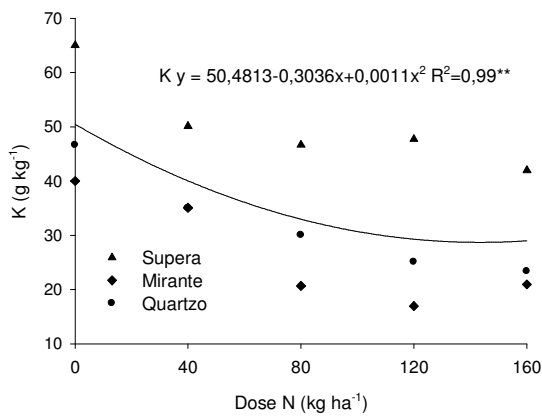
B)



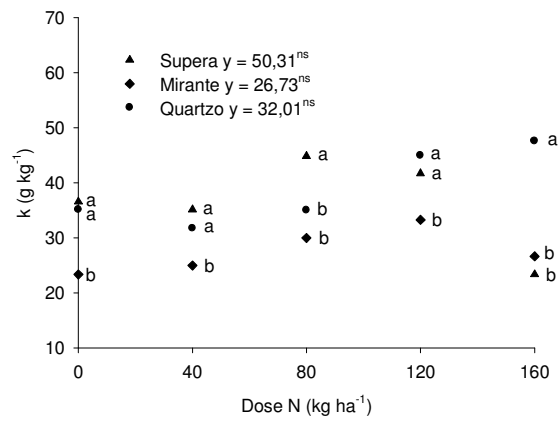
C)



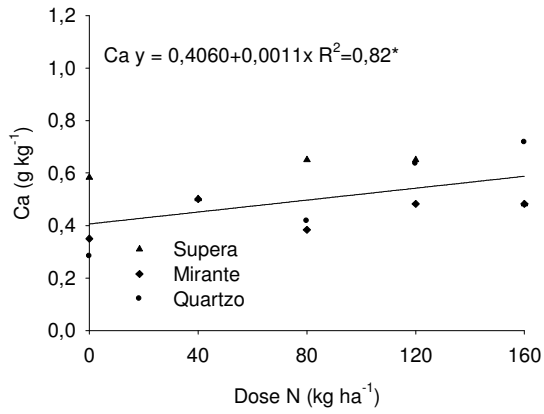
D)



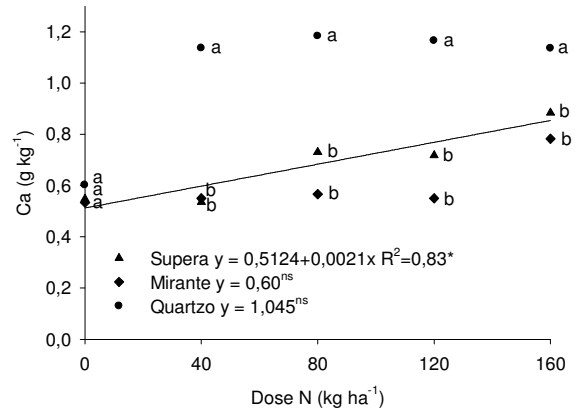
E)



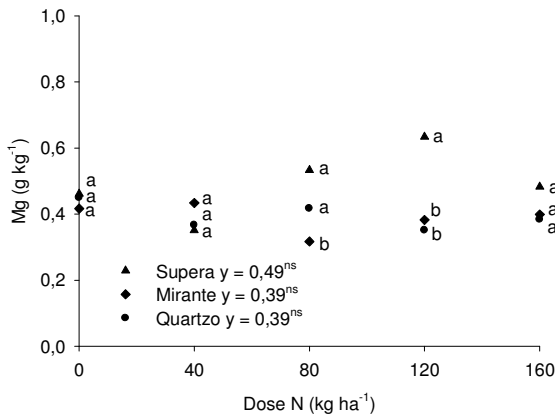
F)



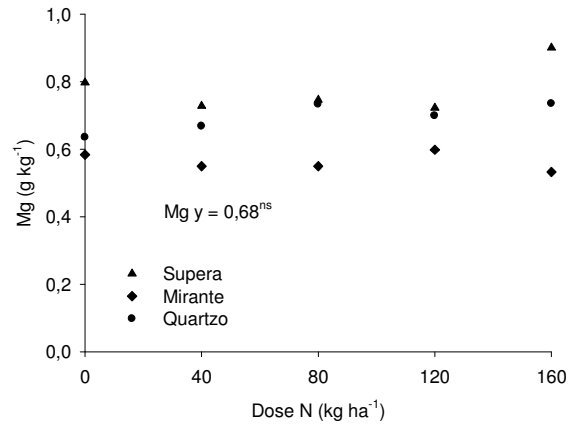
G)



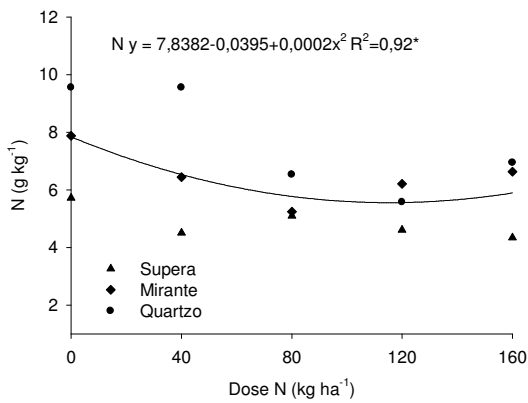
H)



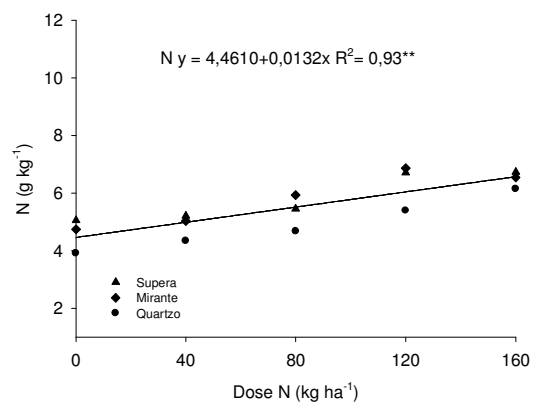
I)



J)



K)



L)

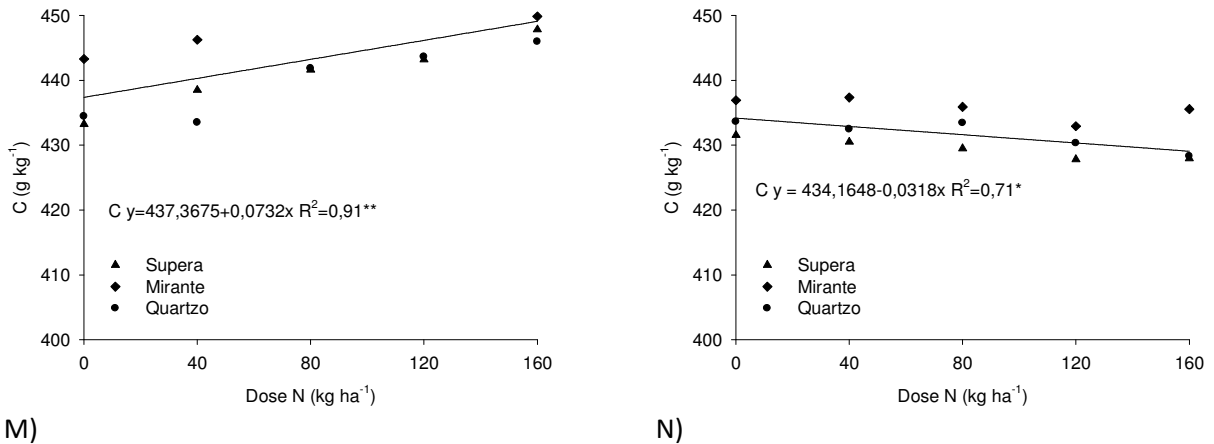


Figura 5. Teor de cinzas (A e B), fósforo (C e D), potássio (E e F), cálcio (G e H), magnésio (I e J), nitrogênio (K e L) e carbono (M e N) em Arapoti e em Ponta Grossa, respectivamente, na biomassa de três cultivares de trigo submetidas às doses de nitrogênio. (*) significativo a 5% de probabilidade, (**) significativo a 1% de probabilidade, (ns) não significativo.

Os teores de fósforo na biomassa residual do trigo diminuíram à medida que as doses de nitrogênio aumentaram, mas somente em Arapoti (Figura 5C), pois em Ponta Grossa (Figura 5D) este efeito não ocorreu. Isso evidencia que a maior produção de biomassa nas maiores doses de nitrogênio aplicadas (Figura 3A) promoveu um efeito de diluição no teor deste nutriente, que se dá quando a quantidade de fósforo absorvida pela planta é distribuída em um maior volume de biomassa. Viana (2007) não observou relação significativa entre as doses de nitrogênio aplicadas e os teores de fósforo na biomassa do trigo.

Os teores de potássio foram influenciados pelas doses crescentes de nitrogênio da mesma forma que os teores de fósforo, as maiores doses aplicadas induziram a planta a concentrar menos potássio em Arapoti (Figura 5C). A concentração máxima obtida foi de 50,49 g kg⁻¹ sem a aplicação de nitrogênio, a dose máxima de N aplicada proporcionou teores de K em torno de 30 g kg⁻¹, uma redução de aproximadamente 40% no teor, considerando a aplicação média recomendada de 80 kg de N ha⁻¹ (EMBRAPA, 2009) a redução foi ainda maior em torno de 47%, reduzindo de 50,49 g kg⁻¹ para aproximadamente 26,9 g kg⁻¹, teores esses próximos ao encontrado por Viana (2007) e acima do encontrado por Castro e al. (2007). Em Ponta Grossa (Figura 5D) houve interação entre as doses de nitrogênio e as cultivares estudadas, porém, a resposta das cultivares à adubação nitrogenada para os teores de K não foram estatisticamente significativas.

A diminuição nos teores de potássio nas maiores doses de N aplicadas são explicadas pelo efeito diluição que ocorre devido ao incremento em produtividade de biomassa sem promover o aumento em mesma proporção na absorção de potássio pela planta, o mesmo efeito foi observado por Viana & Kihel (2010). Em Ponta Grossa não foi possível observar este efeito uma vez que as cultivares não apresentam respostas na produtividade de biomassa.

O cálcio apresentou aumento nos teores nas maiores doses de nitrogênio aplicadas em Arapoti (Figura 5G). O fornecimento de nitrogênio pode ter potencializado a absorção desse nutriente pelas raízes favorecendo sua concentração nos tecidos da planta. Já em Ponta Grossa única cultivar que apresentou resposta significativa à aplicação de nitrogênio sobre os teores de Ca foi a Mirante, chegando a teores de aproximadamente $1,3 \text{ g kg}^{-1}$. Os teores máximos observados estão próximos aos encontrados por Figueiró & Graciolli (2011) e Castro et al. (2007)

Houve interação entre as doses de nitrogênio e as cultivares avaliadas, porém, não houve resposta significativa das cultivares nas diferentes doses de nitrogênio sobre os teores de magnésio na biomassa em Arapoti (Figura 5I). Em Ponta Grossa (Figura 5J) não houve interação entre as doses e cultivares estudadas, bem como não houve resposta significativa das doses de nitrogênio sobre os teores de magnésio. Os teores de magnésio são equivalentes aos encontrados por Castro et al. (2007) e inferiores ao encontrado por Figueiró & Graciolli (2011).

Dependendo o ambiente de cultivo, a aplicação de nitrogênio influenciou o teor deste nutriente na biomassa de forma distinta. Em Arapoti a aplicação promoveu diminuição dos teores por efeito de diluição causado pelo aumento da biomassa produzida (Figura 5K). O teor máximo e mínimo encontrados são $7,71 \text{ g kg}^{-1}$ e $5,46 \text{ g kg}^{-1}$ nas doses 0 e 120 kg ha^{-1} , respectivamente. Em Ponta Grossa o teor de nitrogênio aumentou à medida que se elevou a dose do N aplicada (Figura 5L). Os teores máximo e mínimo de nitrogênio neste caso foram $6,46 \text{ g kg}^{-1}$ e $4,57 \text{ g kg}^{-1}$ nas doses $160 \text{ e } 0 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Os teores de N encontrados na biomassa do trigo são equivalentes ao encontrado por Castro et al. (2007) e Figueiró et al. (2011) que foram de $4,5 \text{ e } 9,0 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

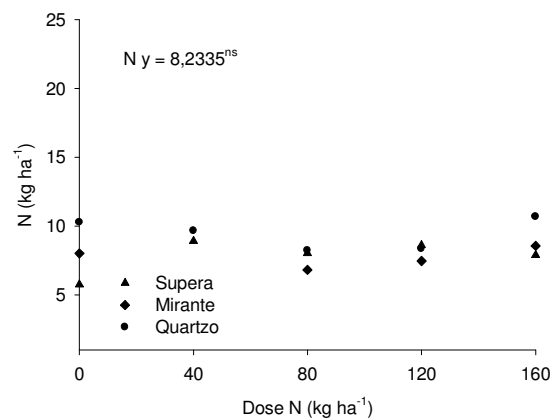
A adubação nitrogenada influenciou de forma linear crescente os teores de C na biomassa de trigo em Arapoti (Figura 5M) e promoveu a diminuição nos teores de carbono em Ponta Grossa. A diferença na concentração de carbono pode estar associada a maior produção de lignina ou de celulose dependendo do ambiente de cultivo e das condições

expostas. O maior teor de carbono confere ao material maior poder calorífico superior (Santos et al., 2013).

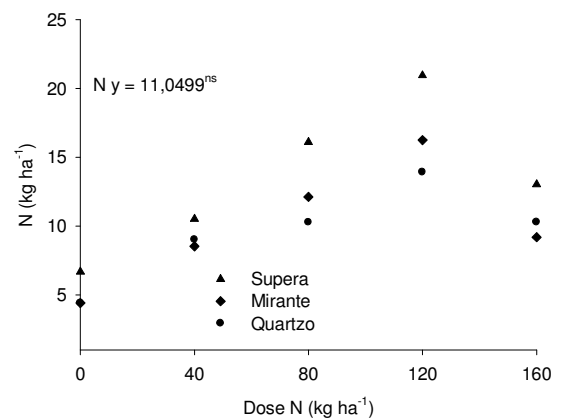
3.4 ACÚMULO DE NUTRIENTES NA BIOMASSA DE TRIGO

O acúmulo de nutrientes na biomassa do trigo segue a ordem decrescente de $K > N > Ca \geq Mg > P$, com média de 56,61; 8,77; 0,93; 0,85 e 0,11 respectivamente.

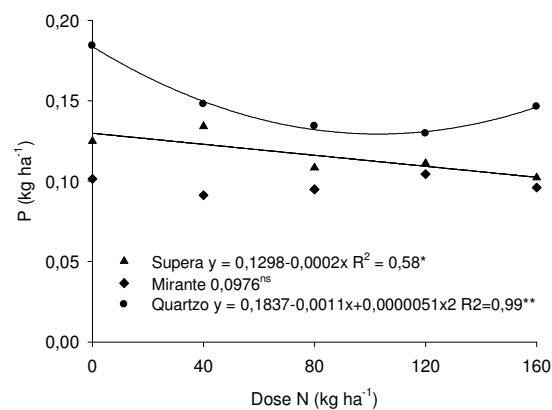
O conteúdo de nitrogênio na biomassa do trigo não foi afetado pelas doses de nitrogênio tanto em Arapoti como em Ponta Grossa (Figura 6A e 6B), considerando que 72% do nitrogênio absorvido pelo trigo é translocado para os grãos (Pauletti, 2004) o conteúdo na biomassa foi menos afetado. Já o conteúdo de fósforo diminuiu com o aumento das doses de N nas cultivares Supera e Quartzo quando cultivadas em Arapoti (Figura 6C), mesmo com o aumento da biomassa proporcionado pela adubação nitrogenada (Figura 3A). Já em Ponta Grossa o conteúdo de fósforo foi influenciado positivamente pelas doses de nitrogênio (Figura 6D).



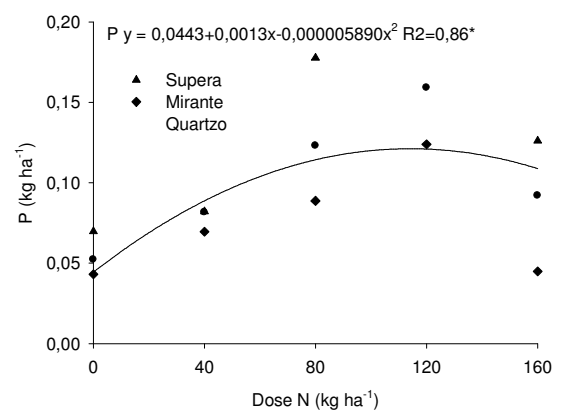
A)



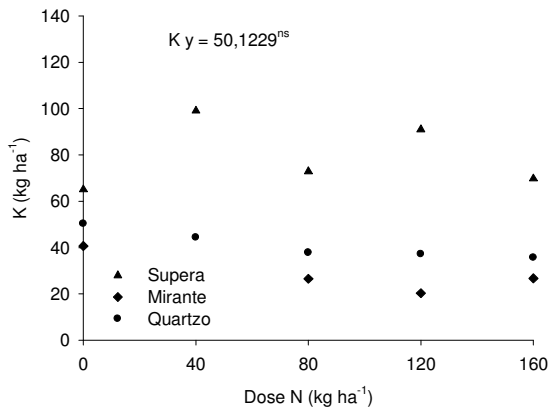
B)



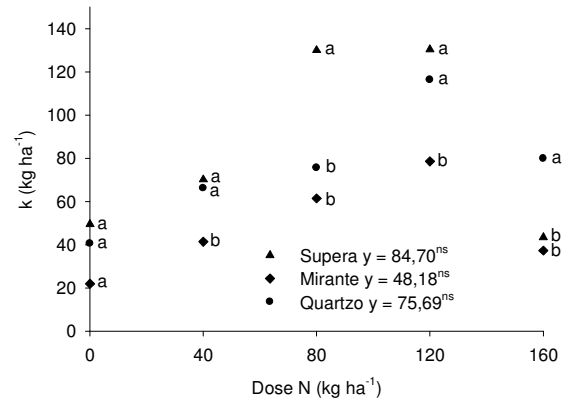
C)



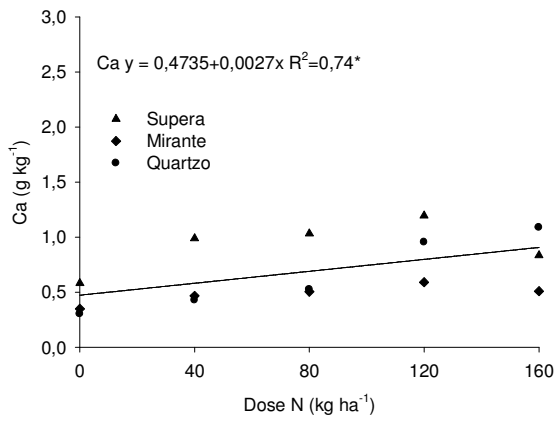
D)



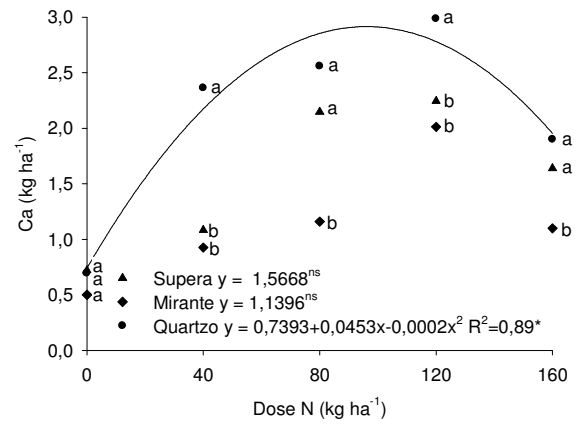
E)



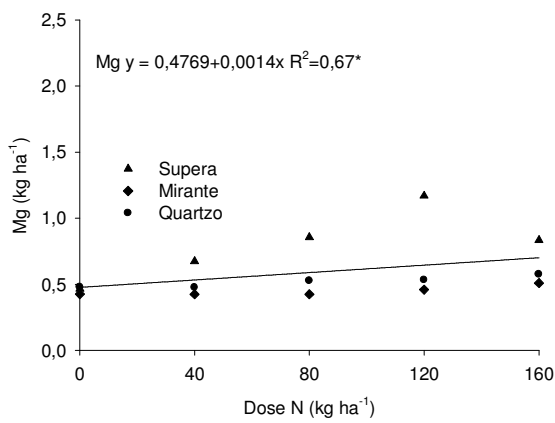
F)



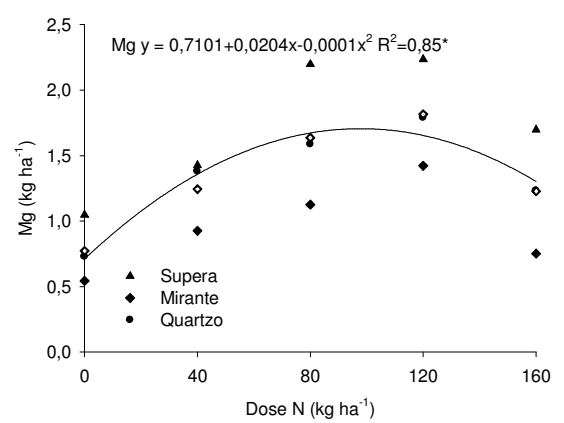
G)



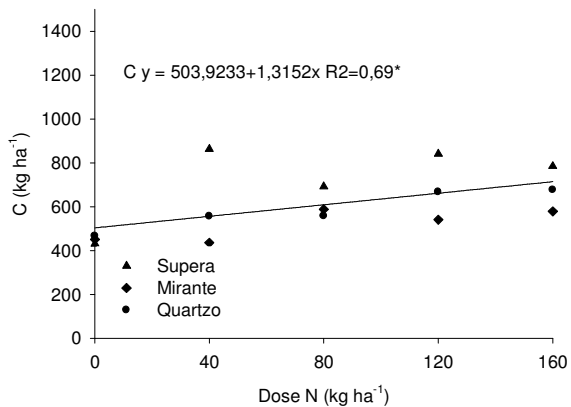
H)



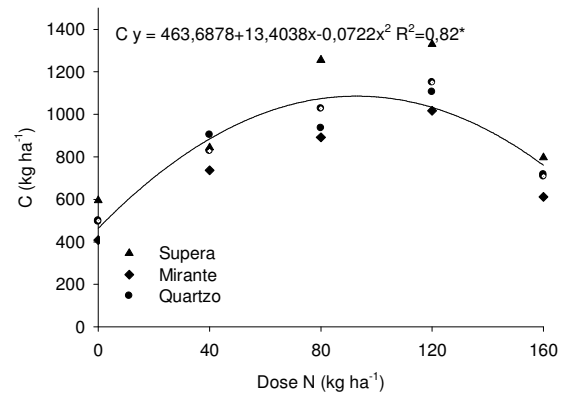
I)



J)



K)



L)

Figura 6. Conteúdo de fósforo (A e B), potássio (C e D), cálcio (E e F), magnésio (G e H), nitrogênio (I e J) e carbono (K e L) em Arapoti e em Ponta Grossa, respectivamente, de três cultivares de trigo submetidas às doses de nitrogênio. (*) significativo a 10% de probabilidade, (**) significativo a 5% de probabilidade, (***) significativo a 1% de probabilidade, (ns) não significativo.

O conteúdo de potássio não foi influenciado pelas doses de nitrogênio aplicadas tanto em Arapoti (Figura 6E), quanto em Ponta Grossa (Figura 6F). Entre as cultivares a Supera apresenta o maior acúmulo de potássio em qualquer dose de N aplicada. As cultivares apresentam diferença quanto ao conteúdo de potássio na biomassa, sendo que a cultivar Supera apresenta a maior extração de potássio em qualquer dose aplicada. O maior conteúdo de potássio observado na cultivar Supera é resultado da sua maior produtividade de biomassa, portanto, caso essa cultivar seja escolhida para a produção de biomassa a exportação de potássio será maior.

O conteúdo de cálcio em Arapoti é elevado à medida que as doses de nitrogênio são aumentadas (Figura 6G). O maior conteúdo está relacionado com o aumento na produção de biomassa (Figura 3A) e também dos teores de cálcio nos tecidos (Figura 5G). Em Ponta Grossa há interação entre as doses aplicadas e as cultivares para o conteúdo de cálcio (Figura 6H). A cultivar Quartzo responde de forma quadrática à adubação nitrogenada, enquanto que as demais cultivares não apresentam esta resposta mesmo tendo o aumento médio no conteúdo de cálcio de 204% (Tabela 2).

O conteúdo de magnésio aumenta em função das doses de nitrogênio em Arapoti (Figura 6I) e Ponta Grossa (Figura 6J). O mesmo ocorrendo com o conteúdo de carbono

(Figura 6K e 6L). Tal efeito é explicado principalmente pelo aumento na produção de biomassa.

Em Arapoti o conteúdo de fósforo e potássio é reduzido na média entre as doses de nitrogênio aplicadas quando comparada a ausência de aplicação (Tabela 2), já os conteúdos de Ca e Mg são aumentados em 80% e 34%, respectivamente. Em Ponta Grossa o conteúdo de todos os nutrientes é aumentado em mais de 100% quando se tem a aplicação de nitrogênio (Tabela 2).

Tabela 2. Conteúdo de nutrientes na ausência de aplicação de nitrogênio, média entre as doses aplicadas e a (%) média de resposta entre as três cultivares e as quatro doses de aplicação em Arapoti e Ponta Grossa.

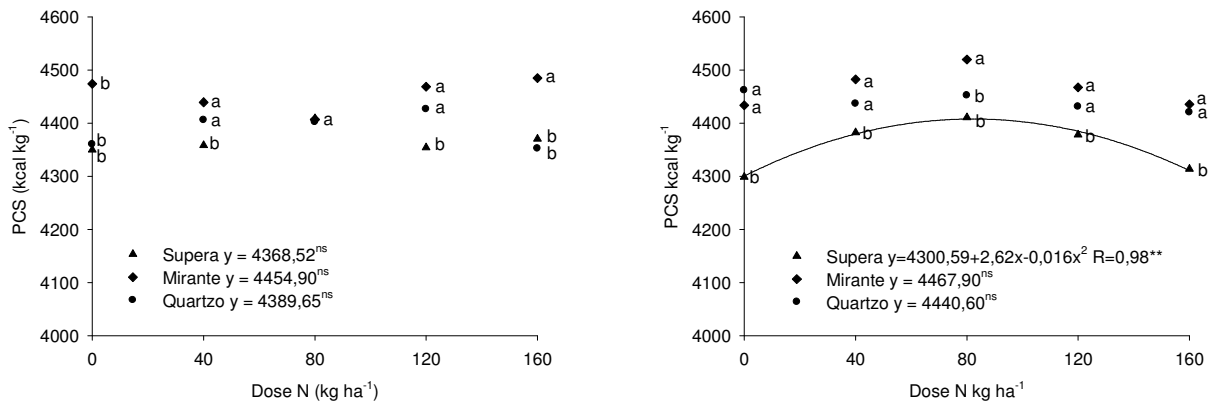
Nutriente	CONTEÚDO DE NUTRIENTES					
	Arapoti			Ponta Grossa		
	Sem N	Com N	%	Sem N	Com N	%
	—kg ha ⁻¹ —			—kg ha ⁻¹ —		
N	8,02	8,29	3,39	5,17	13,08	152,77
P	0,14	0,12	-14,25	0,05	0,12	131,96
K	52,04	51,5	-1,03	37,35	85,57	129,14
Ca	0,41	0,74	80,75	0,64	1,94	204,62
Mg	0,46	0,62	34,71	0,77	1,57	102,5

De todos os nutrientes avaliados o potássio apresenta-se como o mais impactante caso se extraia a biomassa residual do trigo para a obtenção de energia, seguido pelo nitrogênio, posteriormente pelo magnésio e cálcio, e por ultimo o fósforo. Se fazendo necessária a utilização de estratégias de adubação que visem manter os níveis destes nutrientes no local de extração da biomassa.

3.5 PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS)

O poder calorífico superior (PCS) medido na biomassa do trigo para as condições de Arapoti foi influenciado apenas pelas cultivares (Figura 7B), não sofrendo influência significativa dos níveis de adubação nitrogenada, porém existindo interação entre os dois fatores. A cultivar Mirante apresentou maior PCS em relação às demais cultivares exceto na dose de 80 kg ha⁻¹, onde todas as cultivares apresentaram PCS similares. Os valores médios obtidos (Tabela 3) mostram a superioridade do PCS da cultivar mirante 4454,90 kcal kg⁻¹ em relação as cultivares Supera e Quartzo 4366,52 kcal kg⁻¹ e 4389,65 kcal kg⁻¹ respectivamente.

Este maior poder calorífico médio da cultivar Mirante se deve a maior estabilidade do PCS em função das doses de nitrogênio aplicadas. Em doses abaixo de 40 kg ha⁻¹ ou acima de 120 kg ha⁻¹ esta cultivar teve PCS superior às demais (Figura 7B).



A)

B)

Figura 7. Poder calorífico superior (PCS) de três cultivares de trigo em resposta a diferentes níveis de adubação nitrogenada em Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa (B), (***) significativo a 1% de probabilidade (^{ns}) não significativo.

Nas condições de Ponta Grossa a adubação nitrogenada teve influência sobre PCS apenas da cultivar Supera (Figura 7B), que apresentou os menores valores nas doses mínimas e máximas aplicadas. O teor de cinzas (Figura 5B) e o poder calorífico superior (Figura 7B) apresentam relação inversa, por sua vez o teor de cinzas está diretamente correlacionado com o teor de potássio. Dessa forma o teor de potássio encontrado na biomassa residual tem efeito negativo sobre o PCS da biomassa.

Em Arapoti a cultivar Mirante apresentou os menores teores de potássio e cinzas, esses menores teores conferem a essa biomassa um maior poder calorífico superior. Da mesma forma que em Arapoti, em Ponta Grossa o teor de potássio confere maior teor de cinzas que por sua vez se correlaciona negativamente com o poder calorífico superior. Tendo-se em vista estes resultados o melhor material para fins energéticos é aquele que apresenta os menores teores de potássio, corroborando com Allica et al. (2001).

Tabela 3. Poder calorífico superior (PCS) e potencial energético médio entre as doses de nitrogênio aplicadas em três cultivares de trigo em Arapoti e Ponta Grossa.

Cultivar	Arapoti		Ponta Grossa	
	PCS	Potencial Energético	PCS	Potencial Energético
	—k cal kg ⁻¹ —	—kW h ha ⁻¹ —	—k cal kg ⁻¹ —	—kW h ha ⁻¹ —
Supera	4366,52 b	1692,04 a	4356,85 c	2261,27 a
Mirante	4454,90 a	1190,09 b	4467,90 a	1717,47 c
Quartzo	4389,65 b	1335,06 b	4440,60 b	1979,02 b

Os valores de PCS encontrados para a biomassa do trigo são similares ao descrito por Carrol & Finnan (2012) para o trigo. Comparando com o PCS encontrado na madeira em torno de 4800 kcal kg⁻¹ o trigo tem uma pequena desvantagem na produção de energia por kg de material utilizado Carrol & Finnan (2012) e Quirino et al.(2005). Parikh et al. (2005) obteve valores de PCS para bagaço de cana de açúcar de 4368 kcal kg⁻¹, em casca de arroz de 3585 kcal kg⁻¹, em casca de eucalipto de 3645 kcal kg⁻¹ e em madeira de eucalipto 4474 kcal kg⁻¹. Considerando estes dados aos obtidos para o trigo observa-se que esta biomassa tem elevado potencial de utilização para geração de energia.

3.6 POTENCIAL ENERGÉTICO MÁXIMO TEÓRICO

O potencial energético mais que dobrou com a aplicação de N em ambos os locais (Figura 8). O aumento foi proporcionado pelas maiores produtividades de biomassa (Figura 3), uma vez que o poder calorífico não foi influenciado pelas doses de nitrogênio (Figura 5)

Tendo-se em vista que a DMET de nitrogênio para produtividade de grãos em Arapoti foi de 182 kg ha⁻¹ (Figura 2A), o potencial energético do trigo poderia ser aumentado até 1742,32 kWh ha⁻¹ aplicando-se esta dose, não tendo assim incrementos na adubação nitrogenada para a produção de biomassa e potencial energético. Em Ponta Grossa considerando a DMET para a produtividade de biomassa (89 kg N ha⁻¹) onde seriam produzidos 2466 kg ha⁻¹ de biomassa, o potencial energético máximo seria de 2614 kWh ha⁻¹. Nesta dose (89 kg N ha⁻¹) não há diferença na produtividade de grãos entre as cultivares.

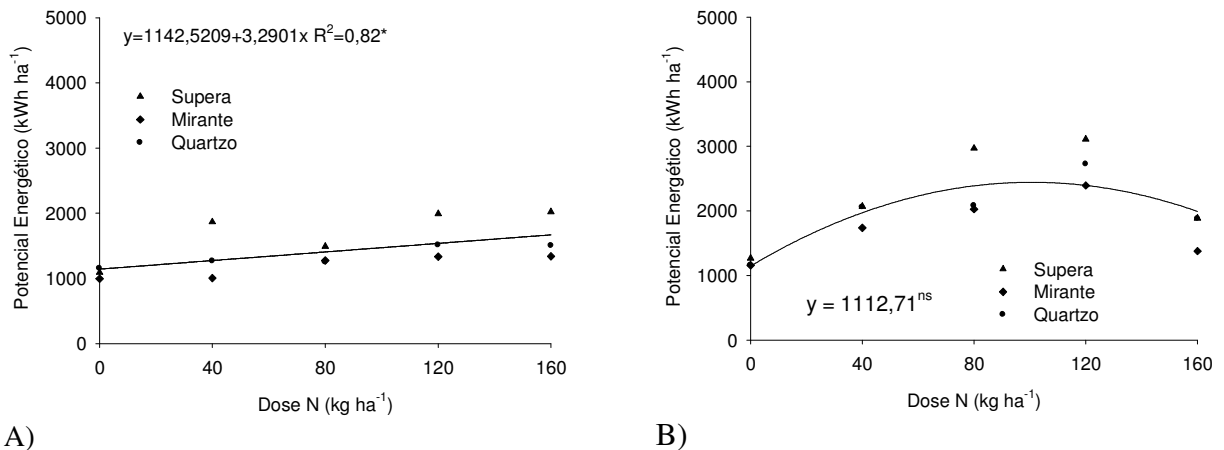


Figura 8. Potencial energético (kWh ha⁻¹) de três cultivares de trigo, submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada em Arapoti-PR (A) e Ponta Grossa-PR (B), (*) significativo a 5% de probabilidade (^{ns}) não significativo.

O potencial energético foi distinto entre as cultivares estudadas, sendo que a cultivar Supera teve maior potencial energético em comparação às demais, independente do local de cultivo, com 1692 kWh ha⁻¹ e 2261 kWh ha⁻¹ em Arapoti e Ponta Grossa, respectivamente (Tabela 3). O potencial energético diferenciado entre as cultivares é explicado principalmente pela diferença na produtividade de biomassa de cada cultivar. A cultivar Supera apesar de apresentar PCS inferior, tem maior potencial energético do que as cultivares Quartzo e Mirante em virtude da sua maior produtividade de biomassa. A cultivar Mirante que apresentou os maiores PCS tem o menor potencial energético por ter uma menor produtividade de biomassa.

O potencial energético da biomassa do trigo acima de 1100 kWh ha⁻¹ é comparado ao potencial energético da palha de arroz (1190 kWh ha⁻¹), e aquém do potencial do bagaço da cana de açúcar (18200 kWh ha⁻¹), casca de eucalipto (6300 kWh ha⁻¹) e madeira de eucalipto (65300 kWh ha⁻¹) (Parikh et al., 2005; IBGE, 2012 e EMBRAPA, 2002), devido à menor produtividade de biomassa. Deve-se, no entanto considerar que este potencial energético da biomassa do trigo é obtido num período de quatro a cinco meses. Por outro lado parte da biomassa produzida ficou no campo após a colheita variando de acordo com a altura de corte, o que diminui o potencial energético.

A palha do trigo pode produzir 1,06 kWh por kg de biomassa em média em Ponta Grossa, e em Arapoti o potencial energético é de 1,1486 kWh kg⁻¹. Este potencial é maior ao

publicado por Mourad et al. (2004) onde para cada 3 kg de biomassa 1 kWh de energia seria gerado.

A biomassa residual do trigo pode ser utilizada como fonte de energia em pequenas centrais termoelétricas (PCT) tendo como vantagem em relação a outros resíduos utilizados a sua baixa umidade. No momento da colheita a planta do trigo entra em senescência total e a palha apresenta baixo teor de umidade diferente de outras culturas que tendem a ter a palha cada vez mais verde no período de colheita. A biomassa do trigo colhida apresentou umidade média de apenas 10,52%, menor que a própria umidade dos grãos. Outra vantagem é que a utilização da biomassa residual do trigo como substrato energético não compete com a produção de alimentos, podendo ser um destino nobre para este material além de ter a produtividade de biomassa aumentada ao mesmo tempo em que se aumenta a produtividade de grãos. Dessa forma, caso o produtor optasse pela venda da palha para a produção de energia, o investimento em adubação nitrogenada também seria pago pelo aumento na produtividade de grãos.

4. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada aumentou a produtividade de grãos, biomassa e o potencial energético do trigo;

Os materiais genéticos (cultivar) de trigo variam quanto ao potencial energético da biomassa residual, devido a diferença na produção de biomassa e no poder calorífico;

O potássio é o nutriente mais acumulado pela biomassa do trigo, o que deve ser considerado na análise econômica do uso desse material para produção de energia.

A exportação de nutrientes pela colheita de biomassa residual do trigo para a produção de energia segue a ordem $K > N > Ca \geq Mg > P$, e foi mais influenciada pela adubação nitrogenada do que pela cultivar.

5 LITERATURA CITADA

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8633 Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico. São Paulo, 1984, 13 p.

ALI, S.S.; KHAN, M.; MULLINS, E. & DOOHAN, F. The effect of wheat genotype on ethanol production from straw and the implications for multifunctional crop breeding. Biomass and Bioenergy, v. 42, p.1-9, 2012.

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*, v. 21, p. 249-258, 2001.
- BASSO, B.; CAMMARANO, D.; TROCCOLI, A.; CHEN, D.; RITCHIE, J. D., Long-term wheat response to nitrogen in a rainfed Mediterranean environment: Field data and simulation analysis. *European Journal of Agronomy*, v. 33, p. 132-138, 2010.
- BLANDER, M. & PELTON, A.D. The inorganic chemistry of the combustion of wheat straw. *Biomass and Bioenergy*, v.12, p. 295-298, 1997.
- BRAZ, A. J. B. P., SILVEIRA, P. M. D., KLIEMANN, H. J. & ZIMMERMANN F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. *Ciência agrotécnica*, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.
- BREDEMEIER, C. & MUNDSTOCK, C. M. Estádios Fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v. 25, n. 2, p. 317-323, 2001.
- BRIANE, D. & DOAT, J.,. Guide technique de la carbonisation. La fabrication du charbon de bois. Aix-en-Provence: EDISUD/Centre Technique Forestier Tropical. 178 p. 1985.
- CALLESEN, I., CROHNHEIT, P. E. & OSTERGARD, H. Optimization of bioenergy yield from cultivated land in Denmark. *Biomass & Bioenergy*, v. 34, p. 1348-1362, 2010.
- CARROLL, J. P. & FINNAN, J. Physical and chemical properties of pellets from energy crops and cereal straws. *Biosystems Engineering*, v. 112, p. 151-159, 2012.
- CASTRO, C.; COUTINHO, J.; MOREIRA, N. & CRESPI, A. Produção de trigo e triticales em rotações de sequeiro. *Revista de Ciências Agrárias*, v.31, p. 103-116. 2008.
- EMBRAPA. Comunicado técnico 136. Produção e Rentabilidade do Eucalipto em Empresas Florestais. 2002.
- EMBRAPA. Sistemas de Produção 4. Cultivo de Trigo. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Trigo/CultivodeTrigo/index.htm>. Acessado em 20 de janeiro de 2014.
- ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A. D.; GROSSA, J. A. S. & SOUZA L; T. D. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. *Ciência e Agrotecnologia* v. 34, n. 6, p 1404-1411, 2010.
- FAO. Food and Agriculture Organization. Food and commodities production. Disponível em: [http:// http://faostat3.fao.org/](http://http://faostat3.fao.org/) acessado em outubro de 2013. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em 28 out. 2012. 547.

- FIGUEIRÓ, G. G. & GRACIOLLI, L. A. Influência da composição química do substrato no cultivo de *Pleurotus florida*. *Ciência Agrotécnica*, v. 35, n. 5, p. 924-930, 2011.
- FIGIORESE, G.; CATENACCI, M.; BOSETTI, V. & VERDOLINI, E. The power of biomass: Experts disclose the potential for success of bioenergy technologies. *Energy Policy*, v.1, 2013.
- FRIEDL, A.; PANDOUVAS, H. & VARMUZA, H. Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition. *Analytica Chimica Acta*, v. 544, p. 191-198, 2005.
- GOLIK, S. I.; CHIDICHIMO, H. O. & SARANDÓN S. J. Biomass production, nitrogen accumulation and yield in wheat under two tillage systems and nitrogen supply in the Argentine Rolling Pampa. *World Journal of Agricultural Sciences*. v. 1 p. 36-45, 2005.
- HABERL, H., ERB, K. H., KRAUSMANN, F., BONDEAU, A., LAUK, C., MÜLLER, C., PLUTZAR, C. & STEINBERGER, J. K. Global potentials from agricultural land in 2050: Sensitivity to climate change, diets and yields. *Biomass & Bioenergy*, v.35, p. 4753-4769, 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em 15 dez. 2013
- LINDEDAM, J.; ANDERSEN, S.B.; DEMARTINI, J.; BRUUN, S.; JORGENSEN, H.; FELBY, C.; MAGID, J.; YANG, B. & WYMAN, C.E. Cultivar variation and selection potential relevant to the production of cellulosic ethanol from wheat straw. *Biomass and Bioenergy*, v. 37, p. 221-228, 2012.
- LLORENTE, M. J. F. & GARCÍA, J. E. C. Suitability of thermo-chemical corrections for determining gross calorific value in biomass. *Thermochemica Acta*, v. 468, n. 1, p. 101-107, 2008.
- MARTINS, A.P.L. & REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agraria*, v. 8 p. 1-17, 2007.
- MME – Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2013, Brasília, DF. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acessado em 15 nov. 2013.
- MOURAD, A.L.; AMBROGI, V.S. & GUERRA, S.M.G. Potencial de utilização energética de biomassa residual de grãos. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., Campinas, 2004. Anais 5. Enc. Energ. Meio Rural, 2004.
- NAIK, S.; GOUD, V.V.; ROUT, P.K.; JACOBSON, K. & DALAI, A.K. Characterization of Canadian biomass for alternative renewable biofuel. *Renewable Energy*, n. 35, p. 1624-1631, 2010.

- NOGUEIRA, L.A.H. & LORA, E.E.S. Dendroenergia: fundamentos e aplicações. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 199p.
- PAULETTI, V. Nutrientes: teores e interpretações. Castro-PR, 2 ed p. 86, 2004.
- PAULY, M. & KEEGSTRA, K. Cell-wall carbohydrates and their modification as a resource for biofuels. *The Plant Journal*, v. 54, p. 559-568, 2008.
- PARIKH, J.; CHANNIWALA, S.A. & GHOSAL, G.K. A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels. *Fuel*, v.84, p. 487-494, 2005.
- PINNOW, C.; BENIN, G.; VIOLA, R., SILVA, C. L. D.; GUTKOSKI, L. C.; CASSOL, L. C. Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio. *Bragantia*, Campinas, v. 72, n. 1, p. 20-28, 2013.
- POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R. & SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 43, n. 8, p 1075-1083, 2008.
- QUIRINO, A. T. D. V., ANDRADE, A. P. A. D., ABREU, V. L. S. & AZEVEDO, A. C. D. S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. *Revista da Madeira*, n. 89, p. 100-106, 2005.
- RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A.; TARGA, M. D. S.; FREITAS, J. G. D., Irrigation and nitrogen effects on wheat grain yield. *Ambiente & Água- An Interdisciplinary Journal of Applied Sciences*, v. 1, n. 1, p. 48-60, 2006.
- SANTOS, R. C. DOS.; CARNEIRO, A. D. C. O.; PIMENTA, A. S.; CASTRO, R. V. O.; MARINHO, I. V.; TRUGILHO, P. F.; ALVES, I. C. N. & CASTRO, A. F. N. M. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte. *Ciência Florestal*, v. 23, n. 2, p. 491-502, 2013.
- SHI, R.; ZHANG, Y.; CHEN, X.; SUN, Q.; ZHANG, F.; RÖMHELD, V.; ZOU, C. Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L). *Journal of Cereal Science*, v. 51, p. 165-170, 2010.
- SOUZA, M. M. DE.; SILVA, D. A. DA.; ROCHADELLI, R. & SANTOS, R. C. DOS. Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinnus taeda*. *Floresta*, v.42, n. 2, p. 325-334, 2012.
- TEIXEIRA FIHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O. & BENETT, C. G. B. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n.8, p. 797-804, 2010.

VIANA, E. Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo. ESALQ/USP, Dissertação de mestrado, 95 p, Piracicaba, 2007.

VIANA, E. M. & KIHTEL, J. D. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. *Bragantia*, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

WHITE, E. M. & WILSON F. E. A. Responses of granin yield, biomass and harvest index and their rates of genetic progress to nitrogen availability in ten winter wheat varieties. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. v. 45, p 85-101, 2006.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessário quantificar a biomassa que é possível ser recolhida para a obtenção de energia sem comprometer a conservação do solo e da água. Bem como se faz necessária a

permanência de uma quantidade suficiente de biomassa para o sistema ser caracterizado como plantio direto na palha.

Ainda se faz necessário o estudo de viabilidade econômica da extração de resíduos agrícolas para a obtenção de energia.

Estudos de longo prazo avaliando o comportamento de áreas com extração de biomassa quanto a conservação do solo e manutenção da fertilidade através da reposição das cinzas se fazem necessários.

ANEXOS

Anexo 1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA, ÍNDICE DE COLHEITA (IC), PODER CALORÍFICO SUPERIOR, POTENCIAL ENERGÉTICO (POT. ENERG.) E TEOR DE CINZAS EM FUNÇÃO DE CULTIVARES E DOSES DE NITROGÊNIO EM ARAPOTI-PR.

	ANOVA					
	Grãos	Biomassa	IC	PCS	Pot. Energ	Cinzas
	kg ha ⁻¹			kcal kg ⁻¹	k W h ha ⁻¹	%
Cultivar	ns	**	**	**	**	**
Dose	**	**	**	ns	**	**
CxD	ns	ns	ns	**	ns	**
Média	3202,24	1374,03	0,6974	4404	1405,73	2,62
Coef. Var. %	13,32	24,53	6,71	0,83	25,04	14,28

(ns) não significativo, (**) significativo a 1% de probabilidade

Anexo 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA, ÍNDICE DE COLHEITA (IC), PODER CALORÍFICO SUPERIOR, POTENCIAL ENERGÉTICO (POT. ENERG.) E TEOR DE CINZAS EM FUNÇÃO DE CULTIVARES E DOSES DE NITROGÊNIO EM PONTA GROSSA-PR.

	ANOVA					
	Grãos	Biomassa	IC	PCS	Pot. Energ	Cinzas
	kg ha ⁻¹			kcal kg ⁻¹	k W h ha ⁻¹	%
Cultivar	ns	**	**	**	**	**
Dose	ns	**	**	**	**	**
CxD	*	ns	ns	*	ns	ns
Média	4751,71	1931,68	0,62	18,42	1985,91	3,6
Coef. Var. %	7,70	15,41	8,15	0,76	14,12	10,77

ns = não significativo, (*) e (**) significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Anexo 3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO TEOR DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO, CÁLCIO, MAGNÉSIO E CARBONO EM FUNÇÃO DE CULTIVARES E DOSES DE NITROGÊNIO EM ARAPOTI-PR.

	ANOVA					
	N	P	K	Ca	Mg	C
	$g\ kg^{-1}$					
Cultivar	**	**	**	**	**	**
Dose	**	**	**	**	ns	**
CxD	ns	ns	ns	ns	*	ns
Média	6,19	0,09	36,37	0,51	0,4253	443,22
Coef. Var.						
%	13,56	26,07	9,6	22,57	20,79	0,77

ns = não significativo, (*) e (**) significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Anexo 4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO TEOR DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO, CÁLCIO, MAGNÉSIO E CARBONO EM FUNÇÃO DE CULTIVARES E DOSES DE NITROGÊNIO EM PONTA GROSSA-PR.

	ANOVA					
	N	P	K	Ca	Mg	C
	$g\ kg^{-1}$					
Cultivar	**	*	**	**	**	**
Dose	**	ns	**	**	ns	**
CxD	ns	ns	**	**	ns	ns
Média	6,37	0,049	34,29	0,79	0,69	432,26
Coef. Var.						
(%)	15,56	28,77	13,88	12,56	11,96	0,49

ns = não significativo, (*) e (**) significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Anexo 5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO CONTEÚDO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO, CÁLCIO, MAGNÉSIO E CARBONO EM FUNÇÃO DE CULTIVARES E DOSES DE NITROGÊNIO EM ARAPOTI-PR.

	ANOVA					
	N	P	K	Ca	Mg	C
	kg ha ⁻¹					
Cultivar	ns	*	**	**	**	**
Dose	ns	ns	ns	**	ns	*
CxD	ns	*	ns	ns	ns	ns
Média	8,23	0,12	50,12	0,72	0,589	609,14
Coef. Var. %	31,32	38,86	26,25	36,61	33,37	26,09

ns = não significativo, (*) e (**) significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Anexo 6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO CONTEÚDO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO, CÁLCIO, MAGNÉSIO E CARBONO EM FUNÇÃO DE CULTIVARES E DOSES DE NITROGÊNIO EM PONTA GROSSA-PR.

	ANOVA					
	N	P	K	Ca	Mg	C
	kg ha ⁻¹					
Cultivar	**	**	**	**	**	**
Dose	**	**	**	**	**	**
CxD	ns	ns	**	*	ns	ns
Média	11,07	0,1	69,68	1,61	1,34	844,76
Coef. Var. %	24,75	35,56	19,85	19,67	19,89	13,46

ns = não significativo, (*) e (**) significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Anexo 7 – ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE O PODER CALORÍFICO SUPERIOR E O TEOR DE CARBONO, NITROGÊNIO, POTÁSSIO E CINZAS. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE O TEOR DE CINZAS E O TEOR DE CARBONO, NITROGÊNIO E POTÁSSIO. EM FUNÇÃO DE CULTIVARES E DOSES DE NITROGÊNIO EM ARAPOTI-PR.

	CORRELAÇÃO			
	C	N	K	Cinzas
PCS	0,362*	0,182	-0,423*	-0,418*
Cinzas	-0,551*	-0,243	0,863*	1,000

(*) significativo

Anexo 8 – ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE O PODER CALORÍFICO SUPERIOR E O TEOR DE CARBONO, NITROGÊNIO, POTÁSSIO E CINZAS. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE O TEOR DE CINZAS E O TEOR DE CARBONO, NITROGÊNIO E POTÁSSIO. EM FUNÇÃO DE CULTIVARES E DOSES DE NITROGÊNIO EM PONTA GROSSA-PR.

	CORRELAÇÃO			
	C	N	K	Cinzas
PCS	0,544*	-0,121	-0,132	-0,662*
Cinzas	-0,896*	0,445*	0,543*	1,000

(*) significativo

RESUMO BIOGRÁFICO

Pergentino Luiz De Bortoli Neto, filho de Vilson Jose De Bortoli e Ondina da Fátima De Bortoli, nasceu em 24 de agosto de 1988, em São Jorge D'Oeste (PR).

Viveu toda a infância no interior tendo contato direto com a vida no campo sobretudo na agricultura e pecuária. Coursou as séries iniciais (1ª até a 4ª) na Escola Municipal São Jorge, São Jorge D'Oeste (PR) e completou os estudos do ensino fundamental e médio na Escola Estadual Padre José de Anchieta em São Jorge D'Oeste (PR).

Em 2006 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná – Campus Curitiba - “UFPR”, graduando-se no ano de 2012. De março de 2012 a fevereiro de 2014, realizou o Curso de Mestrado na área de Solo e Ambiente, sob orientação do Prof. Dr. Volnei Pauletti, no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná – “UFPR”.