



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



VIVIANE CRISTINA BUGE BRASIL

**ESTUDO DO USO DE TRIGO SARRACENO CULTIVADO
NA REGIÃO CENTRO-OESTE PARA PRODUÇÃO DE
CERVEJA ARTESANAL**

BRASÍLIA – DF

2016



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



VIVIANE CRISTINA BUGE BRASIL

ESTUDO DO USO DE TRIGO SARRACENO CULTIVADO NA REGIÃO CENTRO-OESTE PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília como parte do requisito para obtenção do título de bacharel em Química Tecnológica.

Orientadora: Prof. Dr^a. Grace Ferreira Ghesti

Brasília - DF

2016

VIVIANE CRISTINA BUGÉ BRASIL

**ESTUDO DO USO DE TRIGO SARRACENO CULTIVADO NA
REGIÃO CENTRO-OESTE PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA
ARTESANAL**

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Nádia Parachin Skorupa – IB/UnB
Examinadora Interna – IB/UnB

Prof.^a Dr.^a Talita Souza Carmo- IB/UnB
Examinadora Interna – IB/UnB

Prof.^a Dr.^a Grace Ferreira Ghesti- IQ/UnB
Presidente da banca – IQ/UnB

Brasília, 9 de dezembro de 2016

CIP – Catalogação Internacional da Publicação

Brasil, Viviane Cristina Buge

Estudo do uso de trigo sarraceno cultivado na região centro-oeste para produção de cerveja artesanal, Viviane Cristina Buge Brasil, Brasília: UnB, 2016. 63 P.: Il.; 29,5 Cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília

Instituto de Química, Brasília, 2016. Orientação: Grace Ferreira Ghesti.

1. Adjunto cervejeiro. 2. Cerveja. 3. Trigo Sarraceno

I. Ghesti, Grace. II. Estudo do uso de trigo sarraceno cultivado na região centro-oeste para produção de cerveja artesanal.

CDU Classificação

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais. Minha mãe que me incentivou desde criança, por que no fim só nos saberemos pelo que passamos juntas, pois movemos céus e terras pra chegar nesse ponto das nossas vidas. Obrigada por ser um exemplo de guerreira pra mim desde minha infância. Pai, obrigada por ter me ensinado a estudar, obrigada por sentar comigo nos dias que eu precisei, obrigada pela preocupação nos dias que cheguei chorando em casa.

Aos meus amigos que confiaram tanto em mim desde o ensino médio, vocês me incentivaram a continuar, Judson, Gabriella, Alexandre, Julie, Sabryna, Vitor, Jordana, Ana Maria, Fellipe.

Galerinha luterana que canta Juventude Luterana comigo, obrigada, os momentos que passamos esses últimos meses me ajudaram a viver um pouco mais. Tiago, Loh, Neander (estagiário de pastor), Liseane e Anderson, meus eternos netinhos.

Aos meus amigos de curso, sei que mudei pela universidade, mas vocês de verdade me ensinaram a ver o mundo sobre uma nova perspectiva, obrigada pelas histórias ouvidas e contadas, além dos reforços antes e depois das provas, Gabriel, Cássia, Raissa, Pedro e Júlia (Dunhas), verdadeiramente obrigada.

Rafael, Munique, Elyane, vocês foram o apoio e a motivação nesse processo de escrita, sei que não teria conseguido sem a ajuda de vocês. Levantar panela, conseguir análises, me mandar escrever, foi tudo essencial, assim como os abraços nos momentos difíceis.

Aos amigos que me apoiaram no início do laboratório. Isabella, obrigada por me ensinar tanta coisa, obrigada pela amizade e pelos dias de estudos. Marisleyne, as tardes na sorveteria e lanchonetes me fizeram conhecer Brasília como eu nunca conheci. Obrigada por estar lá nos primeiros dias de panela e por fazer esses dias tão felizes.

Lourenço, não teria chegado aqui sem você. Você é um grande amigo que me ensino muita coisa, principalmente sobre cerveja, mas sobre tudo um pouco, afinal como não aprender com quem tem sempre uma opinião?

A Felipe e Bernardo que colaboraram nas análises deste projeto e que eu tanto perturbei.

Finalmente aos professores que me ajudaram durante essa caminhada, Professor Júlio, tenho consciência que o senhor é um ótimo professor, capaz de ajudar em quase qualquer problema tecnológico ou químico. Principalmente, à minha orientadora, Prof(a). Dr(a) Grace Ferreira Ghesti. Durante os anos que estive no LABCCERVA pronuncie muitas vezes a frase: “Quero ser que nem você quando eu crescer”. Essa frase é uma grande verdade, admiro sua capacidade de resolver os problemas, de fazer tantas coisas ao mesmo tempo, de saber de tantas coisas, mas principalmente te admiro como pessoa. Verdadeiramente muito obrigada.

Agradecimento especial para FAPDF e PROIC , pelas bolsas concedidas durante o período de graduação que proporcionaram o desenvolvimento dessa pesquisa.

RESUMO

A composição do trigo sarraceno garante grande valor nutritivo, podendo ter 74% de seu grão aproveitado no consumo humano. As suas características diferenciais garantem a ele aminoácidos livres, incluindo a lisina, boa variedade de proteínas e amidos, além de ser rico em rutina. Para tanto, o trigo sarraceno cultivado na região centro-oeste brasileira foi considerado um bom adjunto devido à composição rica em aminoácidos para nutrição de leveduras cervejeiras durante o processo de fermentação, apresentando comportamento contrário ao observado quando se utiliza outros adjuntos cervejeiros. O melhor uso do trigo sarraceno na produção cervejeira foi a adição direta, sem malteação prévia, pois apresentou valores de 40% de poder germinativo e 36,7% de energia germinativa. A melhor proporção e o permitido pela legislação brasileira (Decreto nº6871, de 4 de julho de 2009) foi o uso de 55% de malte de cevada com substituição de cerca de 45% (m/m) da receita por trigo sarraceno. Foi realizada uma comparação com outros adjuntos e foi constatada uma quantidade de proteínas superior aos demais. Sendo este valor de 23,7 mg/mL de proteínas solubilizadas no mosto, o que se deve principalmente aos aminoácidos livres e cadeias de globulina e albumina. Os teores de extratos se comparado com os demais adjuntos foi inferior representando 52,6% de extrato ao final da mostura, enquanto os demais alcançaram valores de aproximadamente 68%. Em função de alguns aspectos tecnológicos, o escalonamento foi realizado com sucesso utilizando o trigo sarraceno com casca, sem pré-tratamento. Seu balanço de massa foi de 48% para a produção, mesmo valor encontrado para os ensaios laboratoriais. O uso deste cereal como adjunto pela indústria cervejeira proporciona um aumento a demanda deste produto na região do centro-oeste, incentivando o plantio de uma cultura curta, de poucos custos de colheita e produção, além de uma cultura de forte adição de material orgânico e fosforo ao solo, durante seu desenvolvimento na região proposta.

Palavras-chave: Adjunto cervejeiro, cerveja, trigo sarraceno.

ABSTRACT

The composition of buckwheat ensures great nutritional value, 74% of its having tapped grain for human consumption. Differential characteristics guarantee him free amino acids, including lysine, good variety of proteins and starches, in addition to containing large amount of rutin. The buckwheat grown in the Brazilian Midwest was considered a good input due to composition rich in amino acids for nutrition of Brewers Yeast during the fermentation process, showing the behavior observed when using other options brewers. The best use of buckwheat in beer production was the direct addition, without prior malting, as presented 40% power values and 36.7% energy germination. The best proportion was the same permitted by Brazilian legislation (Decree No. 6871, of 4 July 2009) was the use of 55% barley malt with replacement of about 45% (m/m) of the recipe for buckwheat. The comparison with others adjunct showed a number of superior to other proteins. Being this number of 23.7 mg/mL of dissolved proteins in the wort, which is mainly due to free amino acids and chains of globulin and albumin. The extract compared with the other adjuncts representing 52.6% was lower than the others, while the other reached values of approximately 68%. Due to some technological aspects, the escalation was performed successfully using the buckwheat with shell, without pre-treatment. Your mass balance was 48% for production, same value found for laboratory tests. The use of this cereal as Deputy for the brewery provides an increase in the demand for this product in the Midwest region, encouraging the planting of a culture, being this culture of few costs harvest and production, as well as a culture of strong addition of organic material and phosphorus to the soil, during its development in the region offer.

Keywords: Beer adjuncts, beer, buckwheat.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Estimativa de produção de trigo sarraceno no Brasil	18
Figura 2. Gráfico de Graus Platos para percentual de uso de Trigo Sarraceno.....	41
Figura 3. Gráfico de comparação entre percentuais de substituição	41
Figura 4. Comparação entre métodos	44
Figura 5. Graus Platos (°P).....	45
Figura 6. Quantificação de Proteínas Solúveis.....	48
Figura 7. Rendimento de Produção em Bancada	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação entre a composição do malte de cevada e adjuntos utilizados na fabricação de cerveja.	20
Tabela 2. Análises de Vitalidade.....	39
Tabela 3. Extratos por percentual.....	40
Tabela 4. Quantificação de Proteínas.....	42
Tabela 5. Quantificação de graus platos e extrato percentual de cada mostura.	43
Tabela 6. Coloração dos mostos pelo padrão europeu e americano.....	48
Tabela 7. Quantificação do processo cervejeiro de 20L	54
Tabela 8. Rendimento do processo de produção em panela	54
Tabela 9. Características da Cerveja Produzida em sistema de 20L.....	55

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

L	Litros
Kg	Quilogramas
mL	Mililitros
g	Gramas
m/m	Razão mássica
°C	Graus Celsius
h	Horas
Min	Minutos
Ha	Hectare
EBC	<i>European Brewery Convention</i> (Convenção Brasileira de Cerveja)
S.R.M	<i>Standard Reference Method</i> (Método de Referência Padrão)
FAEP	Federação da Agricultura do Estado do Paraná
atm	Atmosfera
100MP	Mostura 100% (m/m) malte pilsen
45W	Mostura com 45 %(m/m) de malte de trigo
45M	Mostura com 45 %(m/m) de milho pré cozido, da marca Mainha
45SP	Mostura com 45 %(m/m) de trigo sarraceno peneirado.
45SC	Mostura com 45% (m/m) de trigo sarraceno com casca
40SA	Mostura de 40% (m/m) de trigo sarraceno com casca e 5% de malte acidificado, da maltaria Maltes Catarinense.
45SE	Mostura de 45% (m/m) de trigo sarraceno com casca e adição de enzima comercial, Ondea Pro.
ASTM	America Society for Testing and Materials (Sociedade Americana para Testes e Materiais.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1. Trigo sarraceno	16
2.2. Produção de Trigo Sarraceno	17
2.3. Cervejas produzidas com trigo sarraceno	19
2.4. Comparação dos adjuntos cervejeiros	20
3. OBJETIVOS	23
3.1. Gerais	23
3.2. Específicos	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1.1. <i>Teor de umidade</i>	24
4.1.2. <i>Poder germinativo</i>	24
4.1.3. <i>Energia Germinativa</i>	24
4.1.4. <i>Sensibilidade à água</i>	25
4.1.5. <i>Análise Elementar conforme a Norma ASTM E777 e E778</i>	25
4.2. Caracterização dos extratos dos percentuais de trigo sarraceno como adjunto	25
4.2.1. <i>Mosturação</i>	25
4.2.2. <i>Análise de proteínas por método de Bradford</i>	26
4.3. Comparação entre os mostos congresso de diversos adjuntos	27

4.3.1.	<i>Mostura para fermentação</i>	27
4.3.2.	<i>Caracterização do mosto</i>	29
4.4.	Escalonamento de Produção	32
4.5.	Balanço de Massa	33
4.5.1.	<i>Peso de cada processo</i>	33
4.5.2.	<i>Cálculo de perdas líquidas e sólidas</i>	34
4.5.3.	<i>Rendimento final da produção</i>	36
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.2.	Balanço de massa	49
5.2.1.	<i>Balanço dos mostos Kongress</i>	49
5.2.2.	<i>Balanço de Produção</i>	53
6.	CONCLUSÃO	56
7.	REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

O Trigo sarraceno (*Fagopyrum esculetum*), também chamado de trigo mourisco, é uma herbácea dicotiledônea de ciclo curto e safra anual (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008), (PAVEK, 2016). É utilizado hoje no Brasil para alimentação animal, cobertura de solo, rotatividade de grão e finalmente alimentação humana, tendo poucos custos com produção, já que essa planta tem crescimento acelerado e poucas pragas, o que torna seu cultivo viável, mas desvalorizada nacionalmente pela falta de mercado nacional de consumidores devido à cultura fraca de consumo deste produto na região centro oeste, além do conhecimento escasso das propriedades benéficas de sua planta e grão (SILVA, 2002) (LUVISON, 2012).

Em contrapartida, esse cereal é comercializado internacionalmente, comumente utilizado pela indústria alimentícia de países como China, Rússia, Ucrânia e Cazaquistão (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008). Todavia, no Brasil não apresenta valor agregado condizente, uma vez que a disponibilidade de outros cereais a preços reduzidos se torna mais atrativo ao mercado (LUVISON, 2012).

O seu uso em propriedades rurais ocorre a fim de promover a rotação de cultivos a fim de extinguir alguns ciclos de doença, como ervas daninhas, e conserva a umidade do solo, uma vez que absorve metade da água que a soja absorve em seu plantio. Esta planta se adapta a solos mais ácidos e pobres, sendo capaz de absorver sais de fósforo do solo (PAVEK, 2016) (SILVA, 2002). O cerrado brasileiro tem condições favoráveis para o seu plantio em época de seca, representando grande importância para os produtores, uma vez que nesse período é necessário o cultivo de outro cereal que não dependa de irrigação em função da escassez de água (SILVA et al., 2002).

Desta maneira, apesar de ter um custo de produção suavizado pela curto tempo de desenvolvimento do plantio e poucas pragas, o cultivo de trigo sarraceno ainda é visto como uma cultura de cobertura de solo, de desenvolvimento anual e de pouca rentabilidade no território nacional.

Este grão, que apesar de não ser da família das gramíneas, acaba sendo chamado de cereal devido às semelhanças bromatológicas de sua composição com o trigo (FERREIRA, 2012). Pode ser utilizado para alimentação animal, cobertura de solo e também na alimentação humana. Tendo como uma de suas vantagens seu alto teor proteico, sendo a maior fração de proteínas solúveis, por se tratarem, em sua maioria, de albumina e globulinas (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008).

Além disso, apresenta um ótimo balanço de aminoácidos essenciais sendo ricos principalmente em arginina e lisina (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008), podendo ser utilizados para complementar a alimentação de pessoas com deficiências em proteínas. É rico também em ácido glutâmico e aspártico (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008) (LUVISON, 2012). Sua composição possui ainda gorduras insaturadas, alto teor de fibras e elevado teor de rutina, substância capaz de reduzir a pressão sanguínea e estimular o organismo humano a utilizar vitamina C, por isso pode ser utilizado na alimentação como fortificante natural (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008).

Ainda, soma-se as suas qualidades, sua composição não conter glúten e apresentar propriedades nutritivas e biológicas que se apresentam na farinha deste grão, que é rico em amido, proteínas, antioxidantes e fibras (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008) (FERREIRA, 2012). A presença de micro e macro nutrientes também é considerável, o qual fornece vitaminas e cofatores enzimáticos essenciais para a fermentação alcoólica (PAVEK, 2016) (KUNZE, 1999).

Observando todos estes fatores, é cabível que a indústria alimentícia o tenha utilizado de diversas formas, principalmente na forma de farinha. Entretanto, pensar em diferentes formas de uso do cereal cultivado no próprio país, com tamanho poder nutritivo seria de grande valia tanto para o produtor rural como para a população (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008)

Para tanto, a inclusão deste cereal em bebidas alcoólicas vêm ganhando espaço no âmbito nacional e internacional, sendo que o maior objetivo destas produções é de beneficiar os consumidores celíacos, que compreende cerca de 1% da população mundial. (BANDA B, 2015).

Entretanto, como o Brasil tem uma legislação própria que informa e direciona a produção da cerveja, tanto sua composição final como as matérias primas utilizadas para sua fabricação (Decreto nº6871, de 4 de junho de 2009), as bebidas alcoólicas atualmente produzidas em âmbito nacional não podem ser denominadas como cerveja.

Por definição da legislação brasileira, cerveja é a “bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, oriundo do malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo“, por esse motivo é importante estudar a inclusão do trigo sarraceno no mosto cervejeiro na forma de adjunto ou através do trigo sarraceno malteado. Ainda, é definido como adjunto, cereais malteados e não malteados, além de amidos e açúcares de origem vegetal de acordo com o decreto Nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a lei nº 8.918, de 14/07/1994 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Decreto nº6871, de 4 de junho de 2009).

Para o uso de um novo cereal na indústria cervejeira na forma de adjunto ou malte é importante a comparação com matérias primas já utilizadas para a produção, podendo auxiliar e direcionar na escolha da melhor forma de uso deste novo cereal. Para tanto, pesquisas feitas entre 2010 e 2012 reportaram a utilização de adjuntos cervejeiros na proporção de 95,6% em grandes cervejarias, sendo que 91,3% das cervejas tipo *pilsen* pesquisadas utilizavam como adjuntos derivados de milho ou açúcar de cana (D’AVILA et al., 2012) . Os adjuntos comumente utilizados provocam alteração na apresentação final prejudicando o corpo e espuma do produto, devido à ausência de proteína em sua composição.

Além das propriedades conferidas às cervejas artesanais como sais minerais, à adição de trigo sarraceno, podem evoluir a um padrão de cervejas saudáveis visando público que apresentam problemas de saúde ou simples restrições alimentares. Este público tende a procurar novos produtos em função de maior qualidade de vida. Sabendo que os consumidores que possuem certas restrições tendem a gastar cerca de 30 % ou mais do seu orçamento para proporcionar uma vida mais saudável. (BANDA B, 2015)

. Tratando de maneira criativa, a utilização desse cereal, é possível melhorar o padrão alimentício de boa parte da população, que é grande consumidora deste produto. A região Centro-Oeste produz uma grande quantidade de cereais e poderia apresentar grande potencial de suprimento a grandes cervejarias nacionais. Dessa forma, implantando em indústrias nacionais, uma matéria-prima que é pouco consumida no Brasil, mas sim exportada para países tão distantes como Ucrânia e Cazaquistão, pode proporcionar um aumento de renda de produtores nacionais de sementes e agregar novos produtos ao mercado cervejeiro que se encontra em ampla expansão. Tendo assim como objetivo a inclusão do trigo sarraceno às cervejas incorporando os benefícios do trigo sarraceno á essa bebida (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008) (SILVA et al., 2002) (LUVISON, 2012). Atualmente, algumas microcervejarias já utilizam o trigo sarraceno em suas cervejas, porém não ultrapassa a utilização de 5% (m/m) de sua receita cervejeira.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Trigo sarraceno

O Trigo Sarraceno possui taxa de maturidade de 30 dias, sendo esta planta de ciclo curto, por isso muito utilizada para rotações de cultura. O seu crescimento permite exterminar a maioria das ervas daninhas que poderia competir por recursos do solo, sendo essa cultura extremamente econômica para produção, pois não requer pesticidas. Além disso, os gastos com fertilizantes é mínimo, já que a planta é capaz de se nutrir com os resquícios de culturas anteriores (BOLAND, 2013).

Podendo crescer em solos ácidos como o solo do cerrado, esse cereal é utilizado para preparo de solo de cultivos orgânicos, pois além de eliminar as ervas daninhas ele é capaz de adicionar até 3.000 kg de material orgânico por hectare de solo plantado (BOLAND, 2013).

A prática de cultivo tem como maior preocupação o preparo de uma colheitadeira eficiente que não quebre o grão devido ao seu formato irregular. Sendo o tamanho depende da variedade do plantio, tendo uma variação de 2 a 4 mm de largura e comprimento entre 4 e 6 mm (USDA-NRCS, 2012). A casca do grão representa de 18 a 20 % (m/m) do peso do grão, sendo retirada durante o processo de moagem (BOLAND, 2013).

A sêmola do grão é rica em proteínas e, por esse motivo, é comumente utilizada para ração animal. As cascas do trigo mourisco podem ser usadas como adubo de paisagismo e também podem ser vendidas para fabricação de embalagens, almofadas e colchões (BOLAND, 2013).

Sua composição tem grande valor nutricional, além de ser fonte para diversos produtos farmacêuticos, por conta de sua concentração de rutina, valor de aproximadamente 218 mg/kg de farinha (KREFT; FABJAN; YASUMOTO, 2006).

A porcentagem de proteínas do grão que o ser humano pode vir a consumir chega a cerca de 74%, sendo este fonte de diversos aminoácidos essenciais, incluindo a lisina. Também é fonte de vitamina E e boa parte de constituintes dos complexos B (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008).

A disponibilidade de amido no grão também é alta, sendo que o percentual de amido resistente é de 33-38 % antes de submetido a cozimento. As concentrações diminuem se o grão passa por processo de cozimento, chegando a valores de 7 a 10 % (CHRISTA; SORAL-ŚMIETANA, 2008), o que ainda é um valor razoável considerando os efeitos pré-bióticos desses para o consumo humano, servindo de substrato para microrganismos probióticos presentes no intestino (RIBEIRO, 2016). O consumo desse tipo de amido poderia melhorar o metabolismo de colesterol e prevenir doenças associadas ao sistema gastrointestinal. (CHRISTA; SORAL-ŚMIETANA, 2008) (RIBEIRO, 2016).

2.2. Produção de Trigo Sarraceno

O Brasil adquiriu o plantio dessa cultura no início da colonização com a vinda dos imigrantes poloneses principalmente na região sul do Brasil. Esse grão, também chamado de tatarca pelos agricultores do Paraná, sofreu declínio em sua agricultura a medida que as décadas se passaram, mas muitos agricultores preservam essa cultura. (CULTIVOS *et al.*, 2013)

O Brasil possui baixo nível de produção comparado a países como China e Rússia que tem a cultura de alimentação baseada nesse grão (BOLAND, 2013). Entretanto, o Brasil ainda se classifica no *ranking* de produtores e exportadores do trigo sarraceno (FAOSTAT, 2015). A Figura 1 mostra o cultivo de trigo sarraceno em território nacional.

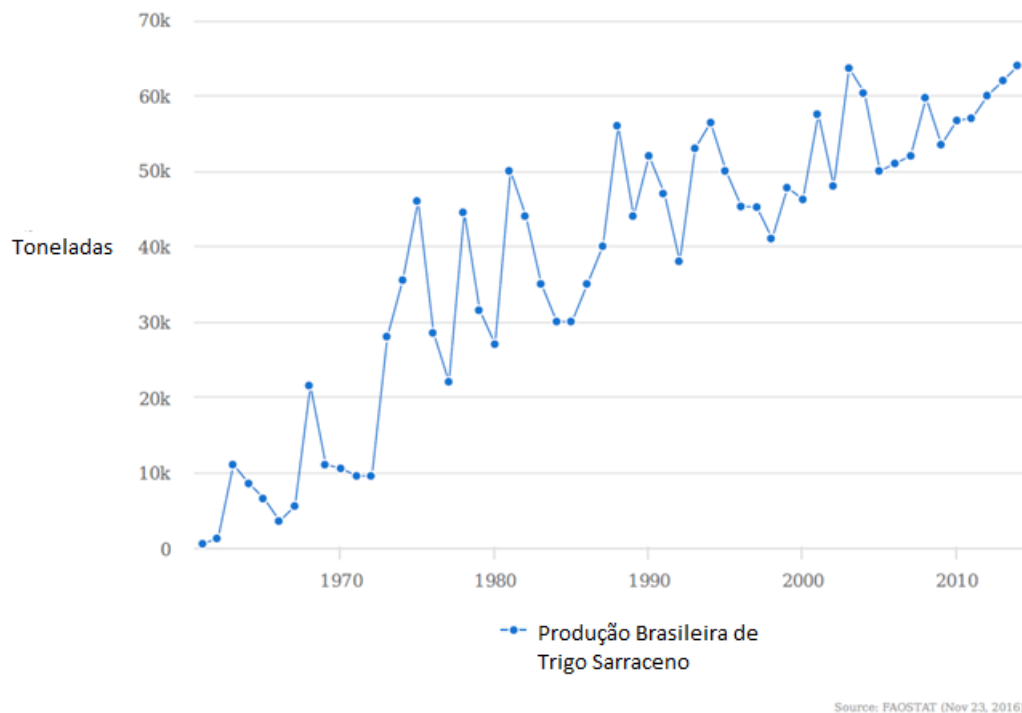


Figura 1. Estimativa de produção de trigo sarraceno no Brasil (Fonte: FAOSTAT, 2016)

A produção brasileira de trigo sarraceno teve um aumento significativo durante o passar dos anos, apesar de ter sofrido declínio de produção durante os anos de 1969 a 1972, devido à variação climática sofrida nesses anos, chegando à produções 50 % menores que produções anteriores (FAO, 2016).

É visível o aumento de produção desse grão nos últimos anos, devido à expectativa dos agricultores de exportação do mesmo, o que gera trabalho e beneficiamento para as vendas internacionais (FAEP, 2016) (SILVA *et al.*, 2002).

Sendo o principal estado de produção o estado do Paraná, com produção de 66 hectares rendendo 150 toneladas no ano de 2013. No ano de 2014, 1.282 ha de produção geraram 1.887 toneladas do grão, apenas no estado do Paraná. O ano de 2015 foi o auge em questão de produção rendendo R\$ 2 milhões com a produção de 1739 ha gerando 2.640 toneladas (SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 2016). A produção na região Centro-Oeste não foi contabilizada

pelo MAPA, pois seu cultivo foi realizado para fins de rotatividade de cultivo para plantio direto. Sendo assim, o cereal não foi colhido ou não declarado pelos produtores rurais.

Hoje a colheita e comercialização de trigo sarraceno se baseia na exportação, pois o consumo nacional é diminuto em relação ao lucro que pode ser alcançado pela exportação para países da Ásia que utilizam o grão como alimento (FAEP, 2016).

A tradição do trigo mourisco vem se perdendo ao longo dos anos, devido à desvalorização do produto a granel, entretanto algumas famílias tradicionais dos estados do Paraná e Santa Catarina decidiram continuar o cultivo e implementar a cultura com beneficiamento para venda. (CULTIVOS *et al.*, 2013)

2.3. **Cervejas produzidas com trigo sarraceno**

Atualmente no Brasil, existem algumas cervejarias que encontraram o trigo sarraceno como nova fonte de enzimas e, principalmente, de amidos para a produção de bebidas alcoólicas, sendo o álcool da bebida proveniente de outros cereais como complemento, a exemplo da cerveja Tássila, da cervejaria Saint Bier (WBEER, 2016). Devido às especificações da legislação brasileira (Decreto nº6871 de 4 de junho de 2009), esta bebida não pode ser nomeada por cerveja já que para tal, deveria conter 55 % do percentual de produção de malte de cevada.

O uso dessa matéria prima tem aumentado nacionalmente devido às suas características nutricionais, e sendo a região sul do Brasil a mais tradicional no cultivo da planta de sarraceno, era esperado que a região utiliza-se a matéria de prima mais barata, de menor valor produtivo para diversas produções de alimentos e bebidas (FAEP, 2016).

Em diversos lugares do mundo, a mesma técnica vem sendo empregada pela utilização do trigo sarraceno, sendo que as produções de tais produtos são decorrentes de regiões que também possuem cultivo superior desta planta como

Polónia e Ucrânia, além de países como a Inglaterra e Estados Unidos. Eles têm adotado o trigo sarraceno na produção de cervejas com o intuito de produzir cervejas sem glúten ou apenas a inserção para atribuir cor e sabor a cerveja como forma de adjunto.

Hoje a marca Belga, Green's, possui uma seleção de cervejas livres de glúten a Família *Gluten Free*, sendo que a seleção conta com cinco estilos diferentes de cerveja, sendo elas do tipo *Ales* ou *Lagers* (MERCHANT DU VIN, 2016).

2.4. Comparação dos adjuntos cervejeiros

Já sendo determinado a utilização do trigo sarraceno como adjunto, a melhor opção, baseado em sua composição foi a escolha do tipo de cerveja utilizada. Para isso optou-se fazer a comparação desse adjunto com outras sementes e fontes amiláceas utilizadas comumente na produção de cerveja.

Para tanto a tabela 5 foi confeccionada com o intuito de comparar os adjuntos utilizados na fabricação de cerveja com o trigo sarraceno, objetivando uma comparação simples das composições de cada adjunto.

Tabela 1. Comparação entre a composição do malte de cevada e adjuntos utilizados na fabricação de cerveja. (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008) (KUNZE, 1999) (D'AVILA et al., 2012)

Percentual	Malte de Cevada	Trigo	Trigo-sarraceno	Milho	Arroz
Carboidrato	50-55	57,00	59 – 70	76 – 80	85 – 90
Proteínas	10,22	12,50	12-18,9	9-12	5-8
Lipídeos	1,65	1,90	1,5-4	4-5	0,2-0,4

Considerando o malte de cevada como padrão, é esperado que um adjunto, possua composição semelhante, já que o malte é primordialmente utilizado para a

fabricação de cerveja com qualidade de espuma, corpo e açúcares disponíveis para a fermentação (PORTO, 2001) (BRIGGS, 1995).

Sabendo que o milho é largamente utilizado na indústria como fonte de carboidratos de menor valor agregado e o seu teor de lipídeos é superior ao da cevada, realiza-se a degerminação antes de sua aplicação no processo cervejeiro. Como consequência, não há influência direta na persistência e qualidade da espuma, a qual é desequilibrada em função da relação entre gorduras e proteínas. O arroz também tem quantidade de carboidratos e proteínas desequilibrados em relação ao malte de cevada, embora apresente uma quantidade de lipídeos menor, mas para a utilização como adjunto, apenas a quantidade de amido é levada em consideração para cervejas do tipo *pilsen* (D'AVILA et al., 2012) .

Observa-se que o cereal em questão apresenta uma maior quantidade de amido, seu uso apresenta benefícios econômicos relacionados (KUNZE, 1999). Em contrapartida, o teor de proteína e de lipídeos é superior, o que implica em diversos aspectos tecnológicos durante a processo de brasagem, como problemas na filtração devido a quantidade de amido e proteínas, além de interferir diretamente no produto final.

A maior quantidade de proteína proporciona maior turvação a cerveja, atribuindo em uma piora em sua estabilidade coloidal. Porém, a espuma será mais consistente, conferindo uma aparência mais agradável ao copo. Com relação ao teor de lipídeos, recomenda-se a avaliação da espuma e a análise sensorial, uma vez que os aromas conferidos por eles podem impactar negativamente no produto final.

Entretanto o a utilização de trigo sarraceno poderia prevenir o aparecimento do processo conhecido como *gushing* na cerveja, que seria explosão abrupta do líquido contido na garrafa, devido ao excesso de proteínas ou contaminação microbiana.

Vê-se que a composição do malte de cevada, trigo e trigo sarraceno são semelhantes, quanto a quantidade de proteínas e lipídeos, o que protege as características da espuma da cerveja. Além disso, são fontes de aminoácidos

essenciais as leveduras na fase da fermentação, proporcionando uma fermentação adequada reduzindo a produção de *off-flavours* (KUNZE, 1999).

Entretanto, quanto à utilização desses adjuntos, especialmente do trigo, é importante ter cautela quanto a quantidade empregada, pois os arabinosídeos presentes no trigo dificultam a filtração (KUNZE, 1999) (D'AVILA et al., 2012) .

O trigo sarraceno não tem problema quanto à cultura de microrganismos em seu exterior e ainda sim apresenta uma quantidade de proteínas que poderia corrigir alguns aspectos da cerveja no produto final, se fosse necessário (SILVA et al., 2002), além de ser fonte de aminoácidos como a lisina (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008); o que ajudaria a agregar valor ao produto. Boa parte destas proteínas é solúvel no mosto, o que proporciona uma ótima fonte nutritiva para a levedura cervejeira, já que disponibiliza os aminoácidos essenciais (FAN) (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008) (PARACHIN; GHESTI, 2016)

Além de contribuir para as características essenciais de uma cerveja, a inserção de grão à produção de uma cerveja agregaria importantes fontes de pré-bióticos a alimentação dos consumidores (RIBEIRO, 2016), já que o grão de trigo sarraceno tem cerca de 33 a 38 % da razão de amido denotada como amido resistente, sendo esse tipo de açúcar substrato essencial para microrganismos pró-bióticos presente no intestino. Mesmo que a fração desse tipo de amido caia para 7 – 10 % durante o cozimento resultante da mostura, ainda sim o consumo da bebida enriquecida pelo trigo sarraceno serviria de pré-biótico para esse tipo de microrganismo, o que poderia acarretar e melhorar o metabolismo lipídico, reduzindo as chances de úlcera, câncer de color e em alguns casos diabetes tipo II (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008), fatores que agregam valor ao produto para aqueles que necessitam de uma dieta restritiva.

3. OBJETIVOS

3.1. Gerais

O objetivo deste trabalho foi de empregar o trigo sarraceno cultivado na região Centro-oeste a produção de uma cerveja. Logo, uma análise da inserção deste grão na produção de uma cerveja buscando as propriedades benéficas atribuídas ao grão de trigo sarraceno foi realizada. Com base em resultados prévios, objetivou-se utilizá-lo como adjunto na produção de cerveja, sem própria especificação do estilo utilizado posteriormente. Incorporando este alimento, de tradição passada por imigrantes, ao cardápio de consumo do brasileiro, intencionando uma geração de cervejas mais saudáveis, incluindo as propriedades nutritivas deste grão à cerveja, produto consumido de maneira cotidiana pela população brasileira.

3.2. Específicos

- Caracterização do trigo sarraceno quanto à capacidade de malteação;
- Determinação das melhores condições para implementação do trigo sarraceno na cerveja, como malte ou adjunto;
- Estudo do percentual melhor aplicado de trigo sarraceno à cerveja, utilizando-o como adjunto;
- Levantamento dos problemas tecnológicos do uso do trigo sarraceno atecnologia cervejeira tradicional;
- Escalonamento a produção de cerveja com trigo sarraceno para produção de 20L em reatores com capacidade para até 30 L, buscando quantificar a eficiência e o método de melhor adaptação deste cereal para a indústria.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização do trigo Sarraceno

O trigo sarraceno foi fornecido pela empresa rural Agrícola Sempre Viva. Foi cultivado em 2014 e, apenas 20% do plantio foi colhido e aplicado a ração animal (informações fornecidas pelo produtor rural).

4.1.1. Teor de umidade

Foram pesados cerca de 1 g de amostra em cadinhos de porcelana previamente seco. Estes foram inseridos a estufa (marca Quimis), pelo período de 24 horas a 105 °C. Foram resfriados em dessecador até atingir a temperatura ambiente e foram pesados novamente. A razão entre os valores da amostra seca pelo peso da inicial é correspondente ao fator de umidade, assim como descrito na Equação 1. Ensaio realizado em triplicata. (LUVISON, 2012) (D'AVILA et al., 2012))

$$TU\% = \frac{(\text{peso da amostra seca})}{\text{peso da amostra inicial}} \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

4.1.2. Poder germinativo

Foram separados 100 grãos de trigo sarraceno. Em seguida, foram embebidos com solução de H₂O₂ a 0,75 %. Após 72 horas, os grãos que germinaram foram contados. O valor de poder germinativo é correspondente à quantidade de grão que germinaram ao final da análise. Ensaio realizado em triplicata (KUNZE, 1999) (BRIGGS,1995).

4.1.3. Energia Germinativa

Em placa de *petri*, 100 grãos foram contados e 4 mL de água destilada foram adicionados. Ficaram em contato por um período de 72 h. Os grãos que germinaram foram contabilizados, sendo que no último dia, a quantidade de grãos que germinaram era correspondente a energia germinativa (KUNZE, 1999)

4.1.4. Sensibilidade à água

100 grãos foram adicionados a placa de *Petri* recoberta com papel filtro seguidos da adição de 8 mL de água destilada. Por 72 h, os grãos que germinaram foram contabilizados. Ao final da análise, a quantidade de grãos que germinaram foi subtraída da quantidade de grãos contada na análise de energia germinativa para se encontrar o valor de sensibilidade à água (KUNZE, 1999) (BRIGGS,1995).

4.1.5. Análise Elementar conforme a Norma ASTM E777 e E778

Os grãos de trigo-sarraceno, malte tipo *pilsen* comercial, milho e malte de trigo comercial foram macerados em cadinhos de porcelana. Destas amostras foram fornecidas frações em peso dos principais elementos que compõem a biomassa: carbono (C), oxigênio (O), nitrogênio (N) e hidrogênio (H). Esses elementos foram determinados pelo equipamento Perkin Elmer Series 2400 II CHN e o oxigênio foi obtido em percentual, através de resíduos do equipamento de TG, juntamente com os resultados de CHN. (ASTM E778-08) (BECH et al., 2008)

O percentual de proteínas foi calculado através de relação entre o percentual de nitrogênio em massa presente nos grãos analisados, pela multiplicação do fator de 6,25. (KUNZE, 1999).

4.2. **Caracterização dos extratos dos percentuais de trigo sarraceno como adjunto**

4.2.1. Mosturação

Para a análise do trigo sarraceno como adjunto foi necessário estudar a melhor proporção de seu uso. Para tanto, foram feitas mosturações que utilizaram em sua receita de 0 a 90 % (m/m) de trigo sarraceno, sendo que 0 % representa uma mostura feita inteiramente de malte pilsen, enquanto as receitas restantes contaram com a substituição do malte de cevada por trigo sarraceno em porcentagem de receita. Logo em seguida, cada receita seguiu a adaptação da análise do Instituto Adolfo Lutz, onde foram pesados 50 g de malte e trigo sarraceno,

seguindo a proporção estudada, finamente triturado e peneirado em peneira número 45 da marca Cole-Parmer. A massa foi adicionada a 200 mL de água destilada a 46° C em chapa de aquecimento e agitação magnética, durante 30 minutos com controle de temperatura (LUTZ, 2008).

Ao fim dos 30 minutos, 100 mL de água previamente aquecida a 70 °C foram adicionadas para que a temperatura da mistura permanecesse em 70 ° C durante 1 hora, sob agitação constante, até que fosse interrompida por meio de resfriamento por imersão. Logo em seguida, o recipiente foi pesado e adicionou-se água deionizada até que o conteúdo da solução contivesse 450 g (LUTZ, 2008). A mistura final foi centrifugada e filtrada com auxílio de funil em filtro de papel analítico pregueado. O líquido resultante da filtração teve sua densidade medida através do uso de picnômetro e sua absorbância de luz foi lida a 430 nm (BREW MANSON, 2015) em aparelho de espectrofotômetro UD 650 na região do visível.

Para a quantificação de extratos utilizou-se a relação de graus platos e densidade (ENSMINGER, 2015), sabendo que o valor de graus platos corresponde a quantidade de extrato solúvel em 100 g de mosto (ENSMINGER, 2015)(MANNING, 2015). Através das quantidades utilizadas, foi possível calcular aproximadamente a conversão do extrato utilizando as Equações 2 e 3, já que todos os ensaios foram padronizados, utilizando 50 g de matéria-prima e obteve-se o conteúdo final de 450 g de mosto.

$$\frac{^{\circ}P \times 450 \text{ g de mosto}}{100 \text{ g de mosto}} = X \text{ (gramas de extrato solúvel) (Equação 2)}$$

$$\frac{X \times 100\%}{50 \text{ g de malte}} = \text{porcentagem de extrato solúvel (Equação 3)}$$

4.2.2. Análise de proteínas por método de Bradford

Foi feita uma adaptação do método de Bradford, utilizando 5 µL da amostra sem diluição foram dissolvidos em 250 µL do reagente Bradford, em placa de Petri de 96 poços. As soluções descansaram por 10 minutos até a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 595 nm. Os valores referentes a concentração de proteínas no mosto foram calculados através da preparação prévia de curva analítica (Decreto nº6871, de 4 de junho de 2009).

4.3. Comparação entre os mostos congresso de diversos adjuntos

4.3.1. Mostura para fermentação

Visando a produção de cerveja, foram feitas análises de extratos e de produção de açúcares durante a fermentação do mosto. Sendo testadas as formas de uso do trigo sarraceno, utilizando a casca ou não, além de testar a utilização de auxiliares como o mate acidificado ou enzima comercial Ondea Pro, Novozymes; coquetel enzimático contendo as enzimas pullulanase, α-amilase, celulose, xylanase (endo-1,4), protease e lipase; enzimas específicas par a quebra das proteínas e açúcares contidos no mosto cervejeiro, auxiliando em varias etapas da produção, desde a sacarificação do mosto até no processo de filtração. Para comparação e posterior escolha de melhores resultados os adjuntos comumente usados em cervejarias, como malte de trigo e milho foram testados. O mosto de Malte *pilsen* foi utilizado como mosto padrão para todas as análises. Sendo os mostos confeccionados isatados e nomeados abaixo, com os respectivos conteúdos. (ANALYTICA-EBC, 2000) (LUTZ, 2008).

Para melhor interpretação deste trabalho cada mostura foi nomeada fazendo diferença do tipo de adjunto da seguinte forma:

- 100% malte *pilsen* _____ 100MP
 - 75 g de malte *pilsen*
- 45% malte de trigo _____ 45W
 - 41,45 g de malte *pilsen*
 - 33,75 g de malte de trigo

- 45% milho _____ 45M
 - 41,45 g de malte *pilsen*
 - 33,75 g de milho do tipo safrinha, pré cozido, marca Mainha.
- 45% trigo sarraceno peneirado _____ 45SP
 - 41,25 g de malte *pilsen*
 - 33,75 g de farinha de trigo sarraceno peneirada
- 45% trigo sarraceno não peneirado _____ 45SC
 - 41,25 g de malte *pilsen*
 - 33,75 g de trigo sarraceno moído com casca
- 45% trigo sarraceno com adição da Ondea Pro _____ 45SE
 - 41,25 g de malte *pilsen*
 - 33,75 g de trigo sarraceno moído com casca
 - 68 µL do coquetel Ondea Pro
- 40% trigo sarraceno e 5% malte acidificado _____ 40SA
 - 41,25 g de malte *pilsen*
 - 30 g de trigo sarraceno moído com casca
 - 3,75 g de malte acidificado caramelo, da empresa maltes catarinenses.

Cada receita seguiu a adaptação da análise do Instituto Adolfo Lutz, onde as receitas foram adaptadas para que se obtivesse maior quantidade de mosto final, a fim de obter amostras suficientes para quantificação de açúcares e ácidos durante a fermentação.

Foram pesados 75 g de grãos já moídos, seguindo a proporção estudada de 45 % (m/m) de adjunto, valor correspondente a 33,45 g e 55 % de malte de cevada; 41,25 g. O mosto de malte *pilsen* (100MP) não teve qualquer adição de adjunto, resultando em massa total de 75 g de malte de cevada para essa análise. A rampa de aquecimento da metodologia de Adolfo Lutz foi novamente seguida, adicionando-se 300 mL de água destilada a 46° C em chapa de aquecimento e agitação magnética, durante 30 minutos com controle de temperatura (LUTZ, 2008).

Ao fim dos 30 minutos, 200 mL de água previamente aquecida a 70 °C foram adicionadas para que a temperatura da mistura permanecesse em 70 ° C durante 1

hora, sob agitação constante, até que fosse interrompida, com resfriamento por imersão em banho de água à temperatura ambiente. Teve-se o cuidado de trocar a água constantemente para que o mosto alcançasse a temperatura ambiente entre 10 a 15 minutos. Este tempo foi citado na metodologia de Adolfo Lutz, pois a rapidez de resfriamento melhora a deposição da farinha, diminuindo o turvamento do mosto.

Em seguida, o recipiente foi pesado e adicionou-se água deionizada até que o conteúdo da solução contivesse 675 g. O mosto foi filtrado em tecido de *mussoline*, seguindo o procedimento de fabricação de cerveja denominado “Brew in the bag” (AMERICAN HOMEBREWERS ASSOCIATION)

Após filtração, o conteúdo agora denominado de cerveja verde passou por processo de fervura por 1 hora, com a adição de 0,3 g de lúpulo no início da fervura. Terminada esta etapa do processo, o líquido foi novamente resfriado, com auxílio de banhos de água a temperatura ambiente.

O líquido restante após processo de fervura foi novamente filtrado em filtro de papel analítico pregueado, pra que resquícios de farinha fossem retidos, sabendo que uma quantidade exacerbada de conteúdo sólido poderia prejudicar a fermentação (SPECKER, 2014).

O líquido resultante da filtração foi armazenado em biocos esterilizados por meio de autoclave a pressão de 121 atm durante 30 min.

4.3.2. *Caracterização do mosto*

4.3.2.1. *Análise de densidade e Extrato*

A densidade do líquido foi aferida através de refratômetro, onde o Brix foi medido e posteriormente convertido para a densidade e graus platos.

A quantificação dos graus platos do mosto foi utilizada para o cálculo dos extratos solúveis contidos no mosto. O cálculo de gramas e percentual de extrato é equivalente ao cálculo utilizado em 4.2.1, o diferencial para esta parte do processo foi a utilização da quantidade de mosto já filtrada, ao em vez de utilizar-se a massa

final depois de avolumar o conteúdo do béquer. As equações utilizadas para esse processo foram as equações 4 e 5.

$$\frac{^{\circ}P \times g \text{ de mosto}}{100 \text{ g de mosto}} = X \text{ (gramas de extrato sóluvel) (Equação 4)}$$

$$\frac{X \times 100\%}{75g \text{ de malte}} = \% \text{ Extratos sóluveis (Equação 5)}$$

4.3.2.2. *Análise de Extrato por Adolfo Lutz*

Utilizando os mesmos dados coletados durante a etapa de mostura, os extratos pelo método citado por Adolfo Lutz também foi calculado, para que se pudesse obter a diferença entre métodos.

$$\text{Extrato \% (m/m)} = \frac{(^{\circ}P \times (800+U))}{100-^{\circ}P} \times 100 \text{ (Equação 6)}$$

Onde :

U = umidade dos grãos antes do processo

$^{\circ}P$ = Graus Platos

4.3.2.3. *Análise de Coloração*

A coloração foi determinada por meio da absorbância de luz lida a 430 nm (BREW MANSON, 2015) em aparelho de espectrofotômetro UD 650 na região do visível. O valor da absorção foi então multiplicado pelo fator de 25 (ANALYTICA-EBC, 2000), para que se encontrasse a coloração em EBC e 12,7 no sistema de coloração americano S.R.M (VIGGIANO, 2006).

4.3.2.4. *Análise de proteínas totais por método Qubits*

Utilizando o método sugerido pelo manual do equipamento Qubits, uma solução de trabalho foi preparada pela adição de 199 μL de solução tampão dada pelo equipamento à 1 μL de fluorano. A amostra foi então preparada pela adição de 190 μL da solução padrão, ou solução trabalho à 10 μL da amostra sem diluições, pois considerou-se que os componentes da matriz não trazem interferência do método, sendo a quantidade de açúcares inferior a 500 mmolar contidos na amostra.

As soluções foram então agitadas em *vórtex*, para então serem guardadas na ausência de luz por 15 minutos. Ao final da complexação, a fluorescência foi medida e levando em conta a calibração por meio de curva externa, a concentração pode então ser medida.

4.3.2.5. *Fermentação*

Em capela de fluxo laminar as leveduras foram plaqueadas utilizando-se meio YMM ágar; meio composto por maltose 20 g/L, extrato de levedura 3 g/L, extrato de malte 8 g/L e ágar 15 g/L; inoculando-se 10 μL de leveduras de estoque em cada placa. Foram crescidas três cepas de leveduras cervejeiras, selecionadas a partir de um estoque. Todas as cepas estavam ligadas a produção de cervejas do estilo Weiss.

As leveduras plaqueadas fora então deixadas em estufa por 72 horas a 30° C para seu crescimento. Sendo então estocadas ao final desse processo em câmara fria de temperatura de 4° C.

No período de uso as placas foram então retiradas de estoque e então inoculadas em tubos de *falcon* de 50 mL, já autoclavados, com conteúdo prévio de 5 mL do meio YMM. Os tubos foram então incubados em shaker por 15 horas na temperatura de 28 °C. Passado a primeira etapa de incubação, a densidade ótica dos líquidos foi aferida por meio de um espectrofotômetro de bancada, e os líquidos previamente incubados foram então transferidos para frascos aletados de vidro, com capacidade de 250 mL, com conteúdo de 20 mL de meio YMM. Terminada a transferência houve nova etapa no *shaker* à 28 °C por mais 15 horas.

Ao fim do processo a densidade ótica foi novamente aferida e as células foram contadas em microscópio óptico, com auxílio de câmara de Neubauer. As células foram então inoculadas em frascos de vidro de 250 mL, já contendo 140 mL do mosto cervejeiro, em média, já que o volume de produção divergiu quanto ao volume final.

O frasco de vidro foi então vedado com rolha de silicone atóxica e integrado a um sistema do tipo *blow-off*. A fermentação então ocorreu em geladeira com controle de temperatura à 20 °C.

4.4. Escalonamento de Produção

A partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores, tentou-se adaptar a receita de produção de uma cervejaria artesanal ao processo utilizando o trigo sarraceno, para tanto o adjunto que obteve maior semelhança com o trigo sarraceno foi substituído na receita. Toda a produção da cervejaria foi adaptada para escala de produção com reatores de capacidade de 30 L, e com intenção de produção de 20 L finais de mosto cervejeiro.

Foram adicionados 5 kg de grãos moídos à 25 L de água filtrada, com temperatura de 52° C, sendo 3 kg de malte tipo *pilsen*, 2 kg de trigo sarraceno pesados e posteriormente moídos juntos.

A rampa de temperatura contou com três descansos, sendo o descanso das enzimas proteases a 52 °C; das enzimas β -amilases em 68 °C e, finalmente, as enzimas α -amilases em 72°C. Apresentando descansos de 20 min, 15 minutos e 50 min, para cada enzima, respectivamente. A mosturação seguiu a mesma rampa de temperaturas e descanso que a cervejaria utilizou na produção da cerveja tipo *Weiss*.

Depois da etapa a 72 ° C, a sacarificação foi avaliada por método colorimétrico de iodometria. Observou-se a sacarificação parcial do amido, pois o teste apresentou coloração marrom, e não mais azul, característica de complexo de iodo com amido. Mesmo com a sacarificação parcial do açúcar, o processo teve continuidade normal, passando então pela etapa de filtração, lavagem e fervura.

Finalizada a mosturação, a etapa de filtração ocorreu em panela de fundo falso, com recirculação nos primeiros 5 minutos e adição de 10 L de água de lavagem.

Terminada a filtração, a fervura ocorreu durante 1 hora, com adição de 10 g de lúpulo amargor da variedade *Centennium* ao início da fervura e mais 10 g de lúpulo aromático da variedade *Saaz*, cinco minutos antes do término dessa etapa. A cerveja verde foi então resfriada com serpentina e foram adicionado 11,5 g de levedura do tipo WB-06 (*fermentis*). Sendo esta uma levedura diferente da utilizada em escala laboratorial, deixa-se evidente que o estudo teve enfoque na mostura com o novo cereal, e não na produção final da cerveja.

A fermentação ocorreu por 72 horas à 23 °C e o processo de maturação foi conduzido em temperatura de 15° C durante 48 horas. A cerveja foi então engarrafada com introdução de *priming* (120g de açúcar por litro de água) e foi guardada por 7 dias para a carbonatação em garrafa.

4.5. Balanço de Massa

4.5.1. *Peso de cada processo*

Durante a produção de mosto kongress, todas as etapas foram quantificadas através da pesagem do conteúdo do béquer nas etapas de adição dos grãos; filtração, onde o bagaço e o mosto foram pesados e a umidade do bagaço foi medida por processo de teor de umidade, para que obtivesse as perdas líquidas (P_L) e perdas sólidas (P_s).

Após a fervura, a quantidade de mosto também foi quantificado por meio de balança tendo o líquido já equilibrado sua temperatura à ambiente. As densidades também foram medidas antes e depois da fervura, através de um refratômetro na escala Brix para que depois fossem convertidos na densidade e nos graus platos, que auxiliariam nos cálculos de extratos solúveis.

De igual maneira, a produção em panela teve os pesos de cada etapa aferidos pela diferença de conteúdo das panelas pesadas pelo próprio peso das panelas. As perdas líquidas e sólidas foram quantificadas pelas mesmas equações e as densidades antes e depois da fervura foram aferidas por refratômetro.

4.5.2. Cálculo de perdas líquidas e sólidas

As perdas de cada etapa foram quantificadas mediante as equações 7 a 13, seguindo modelos de produção de TROMMER, 2013, sem o reuso de leveduras para cada etapa do processo de produção.

As equações utilizadas moldaram tanto o cálculo de perdas nos mostos kongress quanto o escalonamento da produção.

4.5.2.1 Etapa de Filtração

4.5.2.1.1 Perdas Sólidas (P_s)

Para as perdas sólidas da etapa de filtração, o bagaço foi contabilizado e o teor de umidade medido, para que se obtivesse a porcentagem de sólido e líquido do bagaço, levando em consideração esses parâmetros foi possível quantificar a quantidade de sólido retirada da produção durante essa etapa, conforme Equação 7.

$$P_s = \frac{(B \times S) \times 100}{V_e} \text{ (Equação 7)}$$

Onde:

B = quantidade de bagaço

S = percentual de sólido do bagaço

V_e = Volume de entrada

4.5.2.1.2 Perdas Líquidas (P_L)

Ainda considerando o método de umidade do bagaço foi calculada a quantidade de líquido absorvido pelos grãos para que se levassem em conta as perdas de água adicionada nas etapas anteriores, Equação 8.

$$P_L = \frac{(B \times U) \times 100}{V_e} \text{ (Equação 8)}$$

Onde:

B = quantidade de bagaço

U = percentual de umidade do bagaço

Ve = Volume de entrada

4.5.2.2 Etapa de Fervura

4.5.2.2.1 Perdas Sólidas (*Ps*)

A etapa de fervura resulta no *trub* quente, aglomerado de proteínas e material insolúvel que resultou de processos anteriores. O *trub* quente não passa para a etapa de fermentação, sendo então considerando essa perda do processo como perda sólida. Seu percentual foi medido considerando-se o valor total de entrada de matéria prima na produção, Equação 9.

$$P_S = \frac{(T) \times 100}{V_e} \text{ (Equação 9)}$$

Onde:

T = *Trub*

Ve = Volume de entrada

4.5.2.3 Etapa de Fermentação

4.5.2.3.1 Perdas Sólidas (P_s)

A etapa de fermentação tem a adição de 11,5 g de leveduras. O fato de sua reprodução aumentar o volume final do processo e esse conteúdo não ser levado para a etapa de envase, implica em perdas sólidas, já que as leveduras não foram reutilizadas, Equação 10.

$$P_s = \frac{(L+L_f) \times 100}{V_e} \text{ (Equação 10)}$$

Onde:

L = leveduras retiradas antes da maturação

L_f = líquido turbido depois do envase

V_e = Volume de entrada

4.5.3. Rendimento final da produção

Os rendimentos e perdas totais foram calculados a partir do volume de entrada e saída do processo, sendo consideradas as perdas em cada etapa devido aos resíduos, assim com as perdas decorrentes do próprio processo de produção (TROMMER; COUTINHO, 2013), conforme Equações 11 e 13.

$$R = \frac{V_s \times 100}{V_e} \text{ (Equação 11)}$$

Onde

R = Rendimento total

V_s = Volume de saída

V_e = Volume de entrada

Perdas totais

$$P_t = \frac{(V_e - V_s) \times 100}{V_e} \text{ (Equação 12)}$$

Onde

Pt= Perdas totais

Vs= Volume de saída

Ve= Volume de entrada

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização do trigo Sarraceno

Os resultados das análises de caracterização do trigo sarraceno quanto à análise de vitalidade são apresentados na Tabela 2. Pode-se aferir que tanto a energia e poder germinativos não foram adequados para malteação já que os valores ótimos para grãos (principalmente a cevada conforme legislação vigente) serem submetidos ao processo deveriam apresentar valores superiores a 95 % para ambas as análises (Decreto nº6871, de 4 de Julho de 2009), estes valores também estão representados na tabela 2, para meio de comparação.

O poder germinativo correspondeu a 40 %, significando que 60% do cereal não apresenta embriões vivos aptos a germinação. A energia germinativa apresentou valor de 36,7%, o que informa a quantidade de grãos aptos a germinar na atual conjuntura (Tabela 2). Os valores de sensibilidade à água foram de 25,5 %, indicando um processo de maceração que deveria ser intercalado de períodos de submersão e aeração, como maior tempo de aeração, para aumentar a absorção de água (Decreto nº6871, de 4 de junho de 2009) (BRIGGS,1995).

Com relação a umidade do grão, recomenda-se para a cevada um teor de umidade inferior a 13%. Seguindo essa recomendação, uma vez que será estocado e armazenado similarmente, o teor de umidade está de acordo. Sendo assim, não requer tratamento prévio para sua utilização e nem armazenamento, uma vez que não necessita de secagem e a chances de proliferação de fungos é mínima (KUNZE, 1999).

Sabendo que os valores encontrados de poder germinativo e energia germinativa não estão aptos a passar pelo processo de malteação, fato associado ao elevado tempo de armazenamento, o que implicou em perdas de carboidratos e proteínas, comprovadas por acompanhamento por meio de análise elementar de CHNO, da composição do grão. Devido à esse fator a opção mais rentável para

incorporar esse cereal ao processo cervejeiro durante esse estudo é a sua utilização na forma de adjunto (BRASIL, 2106) (KUNZE, 1999) (BRIGGS, 1995).

A relação de proteínas totais encontradas para o trigo sarraceno por análise de CHN do ano de 2016, valores de $12,37 \pm 2,64$, estão de acordo com os valores de 12 a 18,9 % citados por diversos autores, conforme CHRISTA e SORAL-ŠMIETANA. Além dos reportados, a maior fração destas proteínas são solúveis em sais minerais e água (PAVEK, 2016). Sendo assim, implicam em aumento da densidade e por sua vez o valor percentual de extratos no mosto, sendo que este aumento atinge seu ápice com uma mostura de proporção de 1:1 de malte de cevada e trigo sarraceno. Os extratos decrescem a partir da mostura utilizando um percentual de 60 % (D'AVILA et al., 2012) .

Tabela 2. Análises de Vitalidade

	Trigo Sarraceno	Cevada Padrão
Poder Germinativo (%)	40	≥ 96
Energia Germinativa (%)	36,7	≥ 95
Sensibilidade à água (%)	25,5	$11 \leq x \leq 45$
Proteínas Totais (%) (m/m)	$12,37 \pm 2,64$	$10 \leq x \leq 11,5; 12$
Umidade (%)	11,5	≤ 13

Para o uso do trigo sarraceno como adjunto é preciso avaliar a proporção de amido e a razão entre amilose e amilopectina em sua composição. Sabe-se que o uso de adjuntos impacta diretamente nas propriedades do produto final (cerveja). Sendo assim, alguns aspectos relacionados devem ser avaliados a fim de não prejudicar o equilíbrio entre amido e proteína o que afeta diretamente em aspectos como a qualidade da espuma ou quantidade de açúcares fermentescíveis (KUNZE, 1999) (BRIGGS, 1995).

Sabendo dos resultados anteriores e que a temperatura de gelatinização do trigo sarraceno é de aproximadamente 58 °C (GAO et al., 2016) pode-se considerar

a melhor utilização do trigo sarraceno como adjunto, sem seu bioprocessamento prévio (malteação). A moagem do trigo sarraceno e malte de cevada foi realizado juntamente e a mosturação foi realizada por meio de infusão. Ou seja, o cereal não foi submetido a nenhum processamento prévio ou paralelo ao processo de mosturação (cozimento e extrusão). Para verificar a melhor proporção entre malte e trigo sarraceno a ser empregada, progressivamente foi alterada sua proporção, os dados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Extratos por percentual

Percentual de trigo sarraceno	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Densidade (g/mL)	1,03	1,02	1,03	1,02	1,02	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02
Graus Platos (°P)	6,33	5,8	6,7	5,9	5,6	6,5	6,0	5,2	5,4	4,8
Extrato (g)	28,5	25,9	30,2	26,6	25,4	29,3	26,8	23,2	24,1	21,4
Percentual de extrato (%)	57,0	51,8	60,4	53,1	50,7	58,5	53,6	46,4	48,2	42,8

Durante as mosturações, observou-se sacarificação do mosto até o percentual de 70% (m/m) da adição desse cereal. Observou-se dificuldades no processo de filtração à medida que se aumentava a quantidade de trigo sarraceno em relação ao malte de cevada, a partir de valores superiores a 70 % de substituição (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008) (FERREIRA, 2012). Isso porque o trigo sarraceno apresenta maior conteúdo de proteínas e os complexos que envolvem os grânulos de amido (proteína-gomas), proporcionam um aumento de viscosidade que implica em dificuldades de filtração.

O melhor resultado de extração (densidade), está diretamente relacionada a rendimento de produção de cerveja, comparação visualmente possível através das figuras 2 e 3, onde vê-se a mesma tendência entre os graus platôs e os respectivos rendimentos. Foi utilizando 50 % de malte de cevada e 50% (m/m) de trigo sarraceno (6,5 °P), valor mais aproximado ao teste feito com 100% de malte *pilsen*, valores de 6,33 °P. Conforme tabela 3 e figura 3 (BREW MANSON, 2015) (ENSMINGER, 2015).

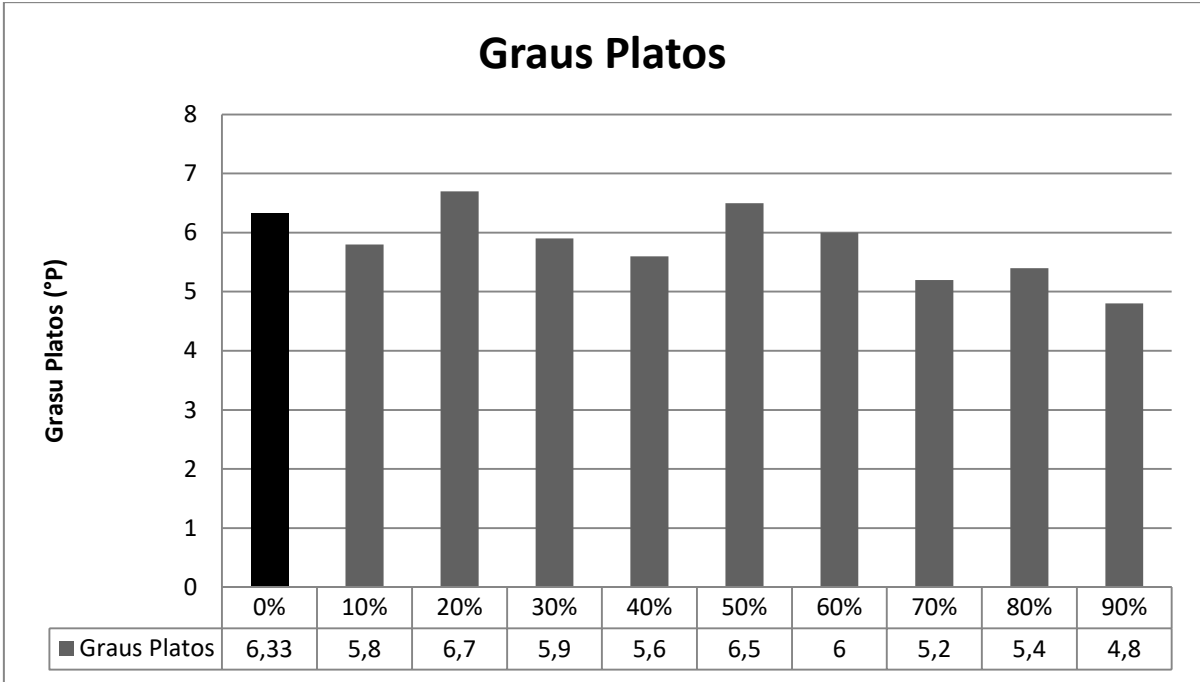


Figura 2. Gráfico de Graus Platos para percentual de uso de Trigo Sarraceno

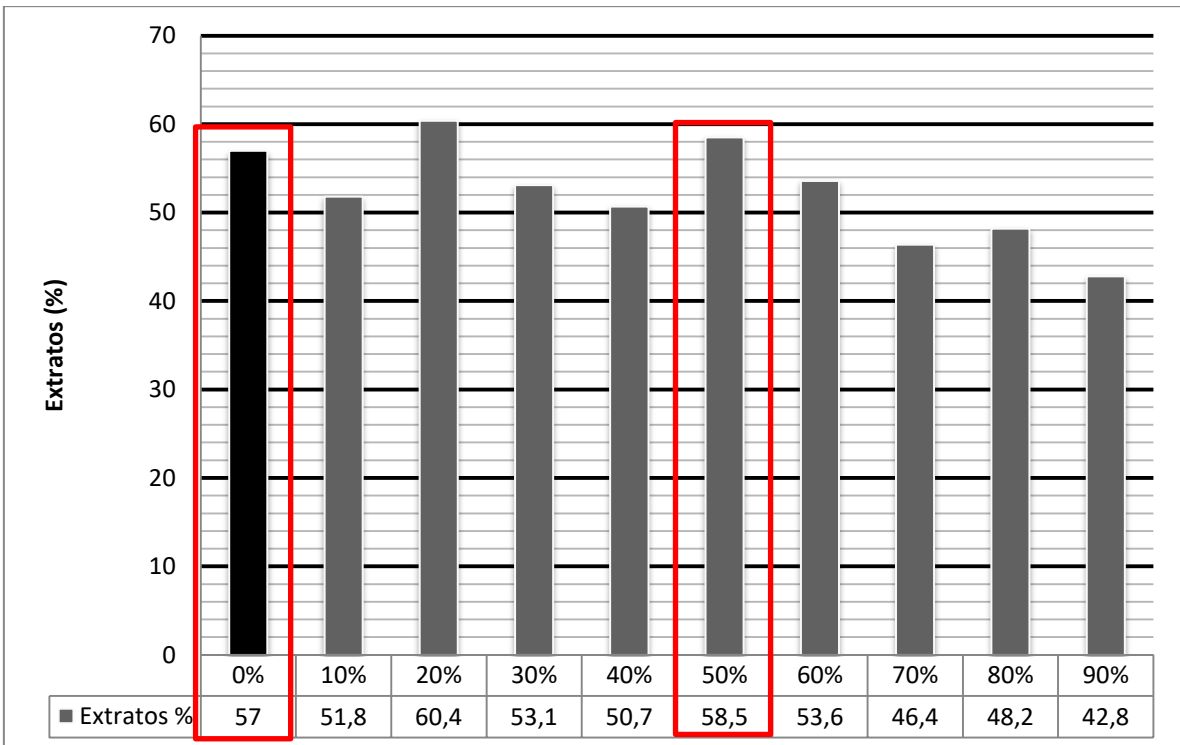


Figura 3. Gráfico de comparação entre percentuais de substituição

Dentre os demais padrões estudados nos mostos o de maior importância são a coloração e quantidade de proteínas solúveis, sabendo que estas avaliações físico-químicas interferem diretamente no produto final, como o aspecto dado ao consumidor final da cadeia de produção e também pode interferir diretamente no processo, pois, principalmente a quantidade de proteínas pode prejudicar a etapa de filtração aumentando o tempo de processo.

Para tanto a coloração do mosto contendo 50% apresentou coloração de 12,9 EBC (BREW MANSON, 2015), valor superior ao da cerveja padrão tipo *pilsen* (5,5 EBC) (BREW MANSON, 2015). Sendo assim, a adição do trigo sarraceno conferiu maior coloração ao mosto preparado.

A quantidade de proteínas solubilizadas aumentou em razão do aumento da proporção do cereal, conforme Tabela 4. Observa-se uma proximidade na extração de carboidratos no mosto com 50% (m/m) de trigo-sarraceno com os extratos do mosto de 100% malte *pilsen*, porém os valores de teor de proteínas são superiores. O aumento na proteína representa uma possibilidade de aperfeiçoamento da espuma e criação de um equilíbrio em produções com excesso de adjuntos, tais como milho e arroz.

Tabela 4. Quantificação de Proteínas

Porcentagem de trigo sarraceno	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Concentração de Proteína (mg/mL)	0,28 ± 0,02	0,38 ± 0,01	0,64 ± 0,01	0,80 ± 0,02	1,04 ± 0,02	1,33 ± 0,02	1,41 ± 0,03	1,25 ± 0,02	1,48 ± 0,01	1,58 ± 0,00

Ainda sobre os valores de proteínas totais do grão, foi feita uma comparação com as proteínas avaliadas para o malte de cevada utilizado nas mosturações, sendo este valor de 8,46 ± 0,89. É perceptível que mesmo com o desvio padrão associado, o aumento das proteínas solubilizadas no mosto ocorre pela adição de

trigo sarraceno, já que, como já foi citado anteriormente, praticamente a metade do grão de sarraceno é composto por albumina e globulinas (CHRISTA; SORAL-ŚMIETANA, 2008), as quais são proteínas solúveis em água e sais minerais, condição da produção de cerveja (BRADFORD, 1976). Estas proteínas também são encontradas na composição a cevada, embora em menores proporções (MANNING, 2015).

Diante dos resultados apresentados e conforme legislação vigente (Decreto nº6871, de 4 de junho de 2009), foi adotado o uso de 45% (m/m) de trigo sarraceno e 55% (m/m) de malte *pilsen* para a produção das cervejas subseqüentes estudadas.

Tendo avaliado a quantidade de trigo sarraceno utilizada, a melhor forma foi estudada na segunda etapa do estudo, sendo confeccionado novos mostos para comparação a partir das mesmas análises físico-químicas.

O mostos tiveram os extratos calculados de acordo com os graus platos aferidos pela quantificação do Brix durante a mostura. Dessa forma, a Tabela 5 apresenta os graus platos e as respectivas quantidades de extrato em percentual, sendo os ensaios realizados em triplicata, sendo avaliados também os métodos de cálculos que continuariam a ser utilizados neste estudo, sendo **Extrato (%) A.L** referente ao cálculo padrão contido no manual de Adolf Lutz, 2009. Para tanto observou-se a mesma tendência entre eles, conforme é apresentado na figura 4, pelas linhas de segmento que interligam os pontos de estudo.

Tabela 5. Quantificação de graus platos e extrato percentual de cada mostura.

	45SC	45SP	100MP	45W	45M	40SA	45SE
Graus Platos (° P)	16,00 ± 0,67	14,84 ± 0,58	16,40 ± 0,27	14,00 ± 0,20	14,84 ± 0,58	16,25 ± 1,06	15,5 ± 0,14
Extrato (%)	52,63 ± 3,51	56,84 ± 2,16	67,30 ± 5,04	67,97 ± 1,77	55,50 ± 2,81	48,69 ± 2,11	56,73 ± 3,5
Extrato (%) A.L	74,37 ± 1,98	72,91 ± 4,82	77,64 ± 1,07	74,27 ± 0,00	72,91 ± 4,82	66,08 ± 2,89	73,08 ± 1,09

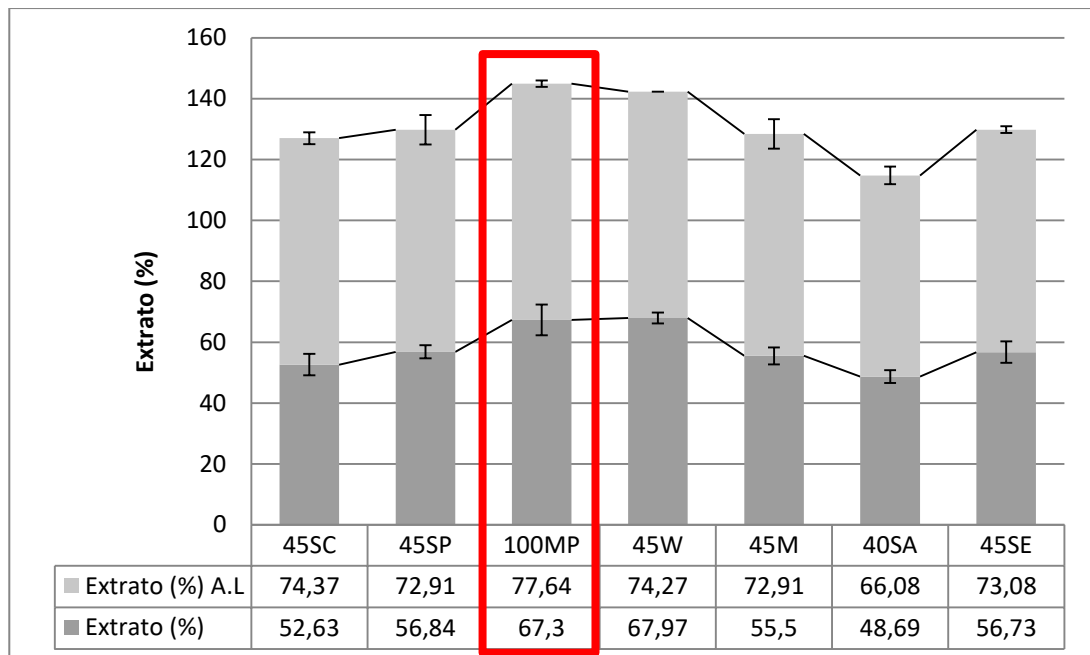


Figura 4. Comparação entre métodos

Era esperado que o valor de extrato percentual da cerveja do tipo *pilsen* fosse maior, dado seu poder diastático e a fonte de matérias solúveis presentes em sua composição. Sendo este cereal o relatado como mais eficaz para a produção de uma cerveja, dado o equilíbrio de sua composição (KUNZE, 1999).

Em relação às mosturas com adjuntos aquelas com adição do malte de trigo, foi alcançado extratos superiores até mesmo à cerveja *pilsen*, devido à contribuição de material solúvel como dextrinas, os açúcares presentes e ambos os grãos, algumas substâncias inorgânicas e finalmente as sua proteínas (KUNZE, 1999). O trigo também facilita o processo de filtração devido à sua quantidade de β -glucanos quebrados e casca que age como agente filtrante (D'AVILA *et al.*, 2012).

As mosturas que utilizaram o adjunto de trigo sarraceno obtiveram rendimentos de extratos solúveis menores do que esperado quando comparado ao grão que não foi peneirado. Isso era esperado uma vez que a casca apresenta maior absorção de água, gerando assim maiores perdas e maior viscosidade do mosto, o que geraria maiores perdas líquidas durante a etapa de filtração (D'AVILA *et al.*, 2012) (PORTO, 2012). A maior solubilização de extratos do mosto que teve o trigo

sarraceno peneirado também pode ser atribuído há maior disponibilidade de materiais solúveis no grão, já que este está mais exposto e possui maior quantidade de endosperma dissolvido na mostura.

Embora o trigo sarraceno não tenha alcançado valores de extratos solúveis tão altos quanto esperado para uma cerveja do tipo *weiss*, já que a amostra 45W e obteve aproximadamente 68 % de eficiência de solubilização, vale ressaltar que o trigo sarraceno obteve maior valor de graus platos; 16 °P para a mostura como pode ser aferido pela figura 5; significando em maior solubilização de dextrinas, açúcares e proteínas na mostura.

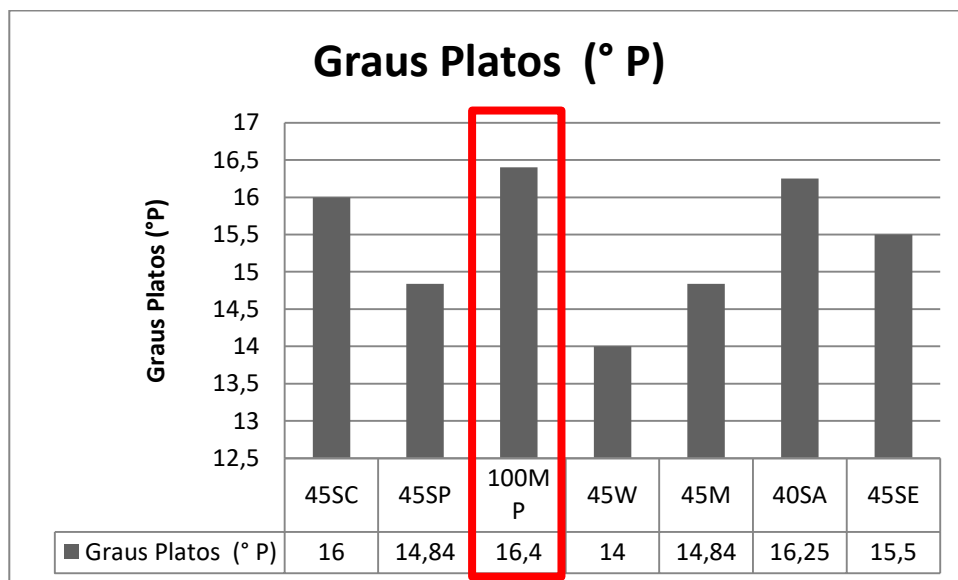


Figura 5. Graus Platos (°P)

A substituição de 5 % de malte acidificado (40SA) na mostura conseguiu um aumento percentual de graus platos, 16,25 °C; Isso significa que houve uma boa extração dos materiais solúveis dos grãos atribuídos a mostura. Diminuindo assim o percentual de extratíveis para cerca de 48 %, valor abaixo do valor atribuído para a amostra de 45M, que garantiu 14,84 °P.

O uso da enzima comercial (amostra 45SE), Ondea Pro, aumentou cerca de 2% do percentual de extrato aferido nas mesmas condições do mosto produzido com casca. A enzima comercial utilizada é um coquetel que proporciona aumento no rendimento, melhora na clarificação e processo de filtração, pois tem em sua

composição exoglucanases, amilases alfa e beta, além e proteases. Vê-se que a eficiência e a qualidade do processo de produção apresentaram melhores resultados.

Ainda pensando na composição do grão de trigo sarraceno, pode-se avaliar a agregação de diversos fatores que seriam imagináveis para uma adjunto amiláceo, devido à sua composição, já que garante a solubilização de nitrogênio no mosto, fator que adjunto como o milho e arroz reduz conforme a sua composição (%) é aumentada em substituição por malte. Esse fator garante boa nutrição para as leveduras, que possuirão acesso aos aminoácidos de três classes de importância para a levedura (BRIGGS, 1995), sendo eles lisina, valina e isoleucina de classe crucial para a levedura, já que esta não consegue produzi-los. A sua ausência no mosto provoca alterações organolépticas na cerveja além de comprometer a perpetuação da levedura durante a fermentação.

Baseando-se na metodologia de Adolfo Lutz, os cálculos contidos no método que relaciona ao conteúdo de extratos solúveis também foi realizado no trabalho, para meio de comparação entre métodos de análise e para comparação de possíveis valores padronizados por ele em outros trabalhos. Os resultados se encontram na Tabela 6.

O cálculo utilizado pelo instituto Adolfo Lutz proporcionou dados de extrato maiores que os correlacionados pelo método de extrato percentual dos cálculos anteriores, seguindo mesma tendência de resultados e mesma discussão. De toda forma, como dito anteriormente, ainda sim é possível ver a diferença de padrão de cada adjunto, devido à sua composição e a possíveis perdas no processo de caldeira (fervura) (LUTZ, 2008).

Terminada a disposição dos melhores rendimentos e solubilidade entre as formas estudadas, pode-se completar o estudo com os demais parâmetros. A Tabela e figura 6 trazem os resultados de concentração de proteínas solubilizadas no mosto cervejeiro. Foi observado que para a amostra 45SC o rendimento foi superior, cerca de 21%, maior que para a amostra 45SP. Ou seja, não adjunto com casca (presente

na amostra 45SC) apresentou maior porcentagem de proteínas que foram solubilizadas na etapa de mosturação.

Como era esperado, a 45M apresentou a menor concentração de proteínas 10,15 mg/L, uma vez que o milho foi pré-tratado (degerminado e gelatinizado), apresentando uma quantidade superior de amido disponível. Sabe-se que a quantidade de carboidratos no adjunto é inversamente proporcional à quantidade de proteínas no mosto, já que adjuntos amiláceos acabam por diluir a concentração de proteínas atribuídas ao mosto.

Tabela 6. Quantificação de proteínas das cervejas verdes.

	45SC	45SP	100MP	45W	45M
Proteínas (mg/L)	23,67 ± 3,06	18,65 ± 1,91	22,27 ± 2,08	21,97 ± 2,754	10,15 ± 0,93

O valor de 22,27 mg/L de proteínas para o mosto 100MP foi maior que o observado para a mostura 45W. Um fator importante que deve ser levado em consideração é a quantidade de enzimas proteolíticas e a quantidade de proteínas presente. Não é comum observar um teor de proteína de uma cerveja *pilsen* superior a uma cerveja tipo *weiss*, porém diversos fatores podem interferir para essa observação como os acima listados.

Com relação a coloração, uma cerveja tipo *pilsen* costuma apresentar valores de coloração entre 6 e 12 no padrão EBC, e 3 a 6 no S.R.M. Para uma cerveja *weiss*, valores entre 13 e 19 EBC e S.R.M de 8.

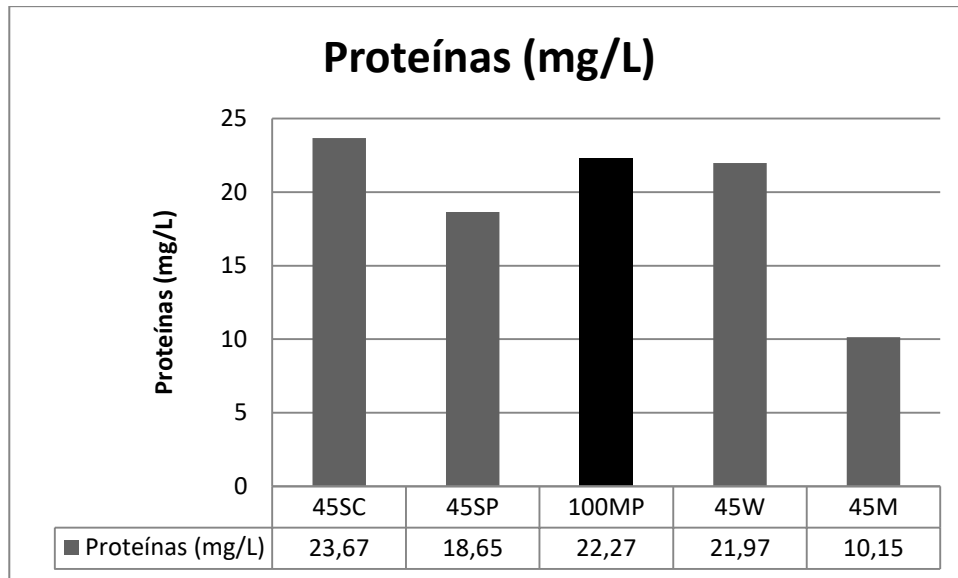


Figura 6. Quantificação de Proteínas Solúveis

A cerveja tipo *pilsen* e as demais alcançaram valores muito superiores ao esperado para cervejas dos respectivos estilos. A obtenção desses valores pode estar relacionado ao modo de preparo do mosto Kongress, já que este foi preparado em chapa de aquecimento o que pode proporcionar maiores taxas de conversão de substâncias que proporcionam aumento de coloração, como as melanoidinas e substâncias caramelizadas. Os resultados se encontram na Tabela 9.

Como todas as demais mosturas seguiram os mesmos processos de fervura, a mostura feita com 100% malte (100MP) é considerada o padrão para este estudo, servindo este valor de marco para as demais.

Tabela 6. Coloração dos mostos pelo padrão europeu e americano

	EBC	S.R.M
45SC	21,80	11,08
45SP	38,73	19,67
100MP	13,53	6,87
45W	16,71	8,49
45M	6,97	3,54
45SA	50,84	25,83
45SE	25,23	12,81

Vê-se que a amostra 45M foi a que apresentou menor coloração devido à substituição do malte por adjunto de milho, que não transfere substâncias carotenóides suficientes a agregar coloração ao mosto. Além disso, dilui as substâncias colorantes pelo malte.

A mostura com malte de trigo (45W) e mosturas de trigo sarraceno (45SP,45SC, 40SA e 45SE) seguiram o caminho contrário a aplicação do adjunto de malte de trigo na mostura. Ambas apresentaram maior fonte de proteínas ao mosto e não foram capazes de diluir a quantidades de substâncias do próprio maltes solubilizadas, sendo esses dois grãos fontes de compostos como polifenóis, peroxidases e catalases(BRIGGS, 1995).

Ao se comparar os grãos de maior quantificação de proteínas, trigo sarraceno e malte de trigo, observa-se que o trigo sarraceno agrega coloração e turbidez, devido ao fato de conter proteínas de maior cadeia, como a albumina e ser uma fonte abundante de nitrogênio, como já foi citado anteriormente.

Além disso, sabe-se que a reação de *Maillard*, entre açúcares redutores e aminoácidos, confere coloração ao produto final, cerveja. Logo, apresentando uma maior quantidade de proteína (aminoácidos livres) e amido (açúcares redutores) as taxas dessa reação serão maiores (KUNZE, 1999).

A coloração de 38,8 EBC comparada à 21,8 EBC é maior devido à maior disponibilidade de proteínas e amido, já que boa parte das cascas foram retiradas na amostra 45SP pelo processo de peneiramento e é visível que a amostra 45SP alcançou maiores valores de solubilização do endosperma do grão.

5.2. **Balanço de massa**

5.2.1. *Balanço dos mostos Kongress*

Na Tabela 9 que todos os volumes alcançados após fervura, etapa final de brasagem no caso dos mostos, foram de cerca de 50 % menores do que o volume final de 675 g, em média, do volume de entrada.

Considerando esses fatores, vê-se que a perda de massa na metodologia kongress é muito superior à uma produção de grande porte, devido à ser uma metodologia de pesquisa é natural que essas perdas ocorram devido à proporção dos equipamentos utilizados, se comparado a grandes plantas industriais. Em contrapartida, ao se analisar os extratos feitos anteriormente, essa metodologia é coerente com as análises pressupostas para a utilização de cada adjunto.

Tabela 9. Massas por etapa de produção do mostos congresso.

	45SC	45SP	100MP	45W	45M	40SA	45SE
Volume de entrada (g)	680,09	675,54	678,20	680,76	678,09	675,54	675,54
Volume final (g)	237,70	287,28	322,19	364,19	280,45	210,98	287,42
Filtração							
Rs (%)	5,71	5,77	4,18	2,73	4,37	7,77	8,16
RI (%)	18,38	18,57	13,45	8,79	13,11	23,32	24,49
Fervura							
Rs(%)	38,94	31,80	34,20	32,87	40,26	36,18	27,07
Processo Global							
Perdas totais	65,05	57,47	52,49	46,50	58,64	68,77	57,45
Rendimento total	34,95	42,53	47,51	53,50	41,36	31,23	42,55

Vê-se na Tabela 10 que os adjuntos interferiram nas massas de bagaço e mosto após a filtração. Sendo a absorção de água diferenciada devido ao processo de gelatinização dos componentes de cada mostura.

Tabela 10. Quantificação de massa de cada etapa dos mostos congresso.

	45SC	45SP	100MP	45W	45M	40SA	45SE
Quantidade de Grãos	75 ± 0,04	75,01 ± 0,01	75,039 ± 0,029	75,07 ± 0,04	75,22 ± 0,14	75,84 ± 1,46	75,34 ± 0,14
Massa final	680,093 ± 6,16	675,54 ± 1,46	678,20 ± 2,29	680,76 ± 0,96	678,09 ± 4,00	677,54 ± 2,70	676,54 ± 1,48
Mosto	502,49 ± 12,57	502,07 ± 9,19	554,14 ± 3,15	587,98 ± 6,75	553,47 ± 1,62	455,37 ± 5,44	470,29 ± 10,18
Bagaço	163,79 ± 13,96	164,42 ± 9,93	119,52 ± 5,95	78,46 ± 4,76	118,5 ± 3,53	210,03 ± 5,44	220,54 ± 11,94
Mosto depois da fervura	237,69 ± 5,65	287,28 ± 2,04	322,19 ± 21,86	364,19 ± 9,62	280,45 ± 5,40	210,98 ± 30,57	270,75 ± 26,14

A amostra 45W teve a menor absorção de água no bagaço, diminuindo as perdas líquidas do processo. Fato que pode ter ocorrido pela rampa de temperatura, associada com a otimização das enzimas que conseguiram a sacarificação no tempo previamente definido, melhorando assim o processo de filtração e as etapas seguintes de um processo de produção.

Percebesse que a substituição de malte por adjuntos amiláceos interfere na etapa de filtração, sendo que a amostra 100MP atingiu um dos melhores pesos de mosto. Sendo assim, a eficiência de brasagem é apresentou rendimentos

superiores, já que o maior quantidade de mosto implicaria em maior eficiência de produção após a fermentação.

Os rendimentos estão associados diretamente com os adjuntos utilizados. Vê-se pela figura 7 que as mosturas que utilizaram adjuntos amiláceos foram inferiores as amostras 100MP e 45W. Sendo que entre as formas de utilização do trigo sarraceno, a eficiência que mais se aproximou dos resultados ótimos (considerando novamente as amostras 100MP e 45W como padrão, cerca de 53 % de rendimento) foi a amostra que utilizou o trigo sarraceno peneirado, amostra 45SP.

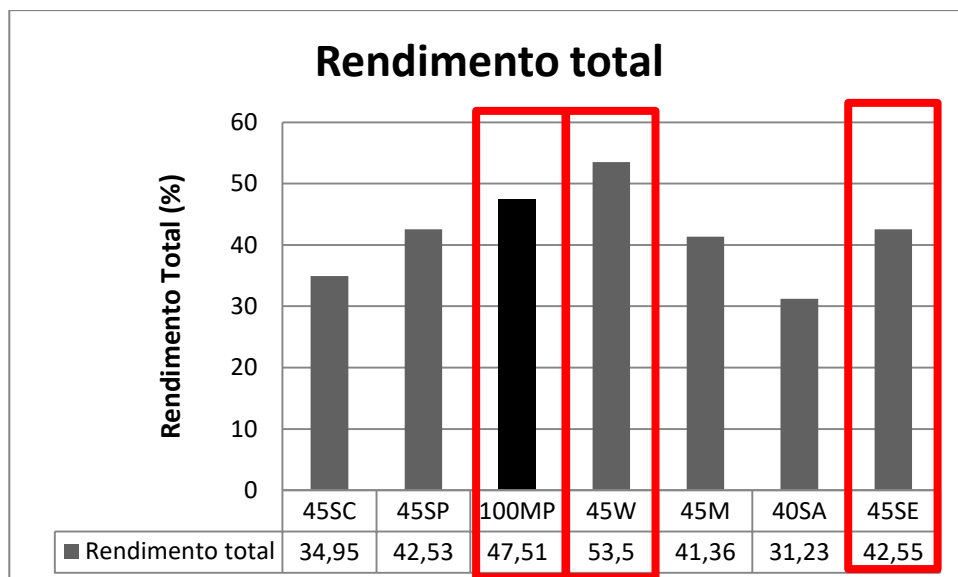


Figura 7. Rendimento de Produção em Bancada

Entretanto, alguns problemas foram mais decorrentes da utilização desta forma do trigo sarraceno, como a passagem de farinha para a fervura e conseqüentemente fermentação. Esse fato prejudica as leveduras, acarretando em *off-flavours*, além de gosto específico de farinha na cerveja pronta.

A amostra 45M, dentre os adjuntos comumente utilizados, apresentou a menor eficiência de processo. Isso pode ser explicado pela ausência de casca, o que sobrecarrega o leito filtrante. Além disso, o milho na forma de flakes não apresenta enzimas, sendo assim a solubilização do amido do mosto fica dependente das enzimas do malte.

Nesta análise fica claro que a eficiência de processo com a utilização do trigo sarraceno acaba sendo deficiente em relação as demais, embora a forma que este adjunto é utilizado pode variar os resultados beneficiando ou prejudicando o produto final. Ou seja, de acordo com o processo produtivo e o tipo de cerveja que se deseja produzir, avalia-se pontualmente seu uso a fim de agregar as melhores características do grão sem prejudicar a classificação do estilo de cerveja.

A amostra 45SE obteve os melhores resultados de eficiência em relação as demais formas de utilização do trigo sarraceno. A utilização da enzima comercial Onda Pro proporcionou uma melhor clarificação do mosto, além de melhorar a etapa de sacarificação e, conseqüentemente, aumentou o rendimento do processo. Entretanto, foi foco desse estudo obter resultados para escalonamento em uma cervejaria artesanal, que não costuma ter acesso à coquetéis enzimáticos, que por muitas vezes são caros e de difícil acesso. Dessa forma, observando todos os dados associados à essa análise e as demais optou-se por utilizar o trigo sarraceno em sua forma a granel, apenas moído no escalonamento de produção.

A eficiência dos processos foram calculadas levando em consideração os volumes de entrada e finais da produção.

Os rendimentos demonstram grande variação entre os rendimentos de acordo com o tipo de adjunto utilizado. Isso pode ser explicado pelas composições de cada adjunto presentes na mostura, como já foi citado anteriormente.

5.2.2. Balanço de Produção

Dados os resultados referentes as mosturas feitas com diversos adjuntos, pode-se fazer o escalonamento tomando como base a melhor quantidade de extratíveis referentes á uma cerveja normalmente consumida pelo brasileiro. As dificuldades técnicas no processo de brasagem referentes à adição da farinha do trigo sarraceno, amostra 45SP, impediram a sua inserção no escalonamento, dado o processo de peneiramento que foi ineficiente por apresentar perdas de massa associadas a essa operação unitária.

Houve grande dificuldade com o processo de filtração devido à alta quantidade de β -glucanos e lipídeos (D'AVILA *et al.*, 2012) do trigo sarraceno. Diferente de outros adjuntos amiláceos, o trigo sarraceno aumentou a composição proteica, característica que não é observada quando se utiliza adjuntos. As Tabelas 11, 12 e 13 traz os resultados da produção de cerveja de 20L.

Tabela 7. Quantificação do processo cervejeiro de 20L

	Peso (kg)
Grãos	5,00175
Mosto	25,7
Bagaço	11,8
Trub	3,2
Mosto depois da fervura	19,2

Tabela 8. Rendimento do processo de produção em panela

Volume de entrada (kg)	40,00
Volume final (kg)	19,20
Filtração	
Rs (%)	6,99
RI (%)	22,51
Fervura	
Rs (%)	8,00
Processo Global	
Perdas totais (%)	52,00
Rendimento total (%)	48,00

Os rendimentos de produção em escala maior foram semelhantes ao conseguidos na produção de mosto Kongress para as amostras 100MP e 45SE. Esse fato comprova que os testes laboratoriais e o escalonamento foram realizados com êxito, uma vez que relatos de problemas de transferência de massa e calor já foram relatados anteriormente nesse tipo de processo.

Tabela 9. Características da Cerveja Produzida em sistema de 20L

Graus Platos Original (°P)	Graus Platos Finais (°P)	Extratos (%)	Coloração		pH do mosto	Condutividade do mosto (mV)
			S.R.M	EBC		
11,6	7,2	59,6	17,6	34,5	5,9	26,700

As análises feitas do mosto antes da fermentação confeririam um pH de 5,9 para a mostura, sendo este semelhante ao pH encontrado em cervejas do tipo *pilsen* (valores de 5,6 - 6,0). (PORTO, 2011)

A coloração do mosto foi superior ao que é requerido para qualquer tipo de cerveja aqui estudada (Weiss e pilsen) em função da presença de substâncias que incrementam a coloração presentes no trigo sarraceno. Por apresentar um maior conteúdo proteico, espera-se que as reações de *Maillard* aconteçam em maior proporção, o que acarreta em um aumento de melanoidinas (coloração da cerveja). (D'AVILA et al., 2012) (GAO et al , 2016).

6. CONCLUSÃO

Diversos fatores implicam em adequações de processos dentro de uma indústria. Não é diferente o uso de um novo cereal no processo produtivo cervejeiro. Diversos ensaios foram realizados com diferentes cereais (flakes de milho, trigo sarraceno, malte de trigo e malte acidificado) em escala laboratorial a fim de se propor o uso de trigo sarraceno como adjunto para a produção de cerveja. Os resultados obtidos durante o escalonamento demonstraram eficiência aceitável para uma produção com adjunto em reator de 30 L, sabendo que produções semelhantes costumam ter rendimento de 60 % da produção (PORTO, 2001) (TROMMER; COUTINHO, 2013).

As análises em nível laboratorial, mosto kongress, puderam mostrar a variação de resultados quando o mesmo adjunto é apresentado em diferentes versões, tais como: com casca, peneirado, acidificado e com uso de enzima comercial. Foi observado que o trigo sarraceno sem casca (45SP) e com adição de enzima (45SE) apresentaram melhores resultados, porém operações unitárias e aquisição de enzimas por microcervejeiros e cervejeiros artesanais, torna o processo mais caro, contrapondo os objetivos desta pesquisa, que envolve o barateamento do custo de produção para cervejeiros artesanais. Sendo assim, esses processamentos foram desconsiderados para o escalonamento.

O uso desse cereal como adjunto proporciona um aumento no teor de proteína solúvel, o que representa uma possibilidade de aperfeiçoamento da espuma e criação de um equilíbrio em produções com excesso de adjuntos, tais como milho e arroz. Além disso, recomenda-se a utilização desse cereal em cervejas que apresentam maior coloração, uma vez que a alteração de cor implica em alteração nas características do produto final.

Com base nesses resultados, fica claro que a eficiência de processo com a utilização do trigo sarraceno depende diretamente da forma de uso assim como das adaptações feitas durante o processo de produção, fatores possíveis devido ao estudo prévio em bancada o que gera menor custo de fabricação ao final do processo padronizado. Ou seja, de acordo com o processo produtivo e o tipo de

cerveja que se deseja produzir, avalia-se pontualmente seu uso a fim de agregar as melhores características do grão sem prejudicar a classificação do estilo de cerveja em processos prévios menores, processo de bancada.

A cerveja produzida com o trigo sarraceno apresentou maior coloração, e turbidez. Além disso, apresentou aroma e propriedades semelhantes à cerveja de trigo fato esse que pode agradar o público consumidor. De toda forma, as cervejas utilizando este cereal são mais saudáveis, o que agrega valor direto à população com restrições alimentares ou problemas de saúde que tenham que agregar alguns desses nutrientes à sua dieta, público este que tende a consumir e atribuir maior valor à produtos de consumo comum que não restrinjam as atividades sociais diárias.

Outro fator importante desta pesquisa seria o incentivo de consumo de produtores finais, aumentando assim a demanda por esse produto no âmbito agrícola, incentivando a produção regional deste grão de grande variedade e benefícios na região Centro-oeste.

7. REFERÊNCIAS

AMERICAN HOMEBREWERS ASSOCIATION. Brew in a Bag (BIAB).

ANALYTICA-EBC. Colour of Malt. Spectrophotometric Method (RM). *EBC Method.*, 2000.

ASTM E777-08 Standard Test Methods for Carbon and Hydrogen in the Analysis simple of Refuse-Derived Fuel

ASTM E778-08 Standard Test Methods for Nitrogen in the Analysis simple of Refuse Derived Fuel

Banda B. *Pessoas intolerantes ao glúten podem chegar a dois milhões no Brasil.* 2015. Disponível em: < <http://www.bandab.com.br/jornalismo/pessoas-intolerantes-ao-gluten-podem-chegar-a-dois-milhoes-no-brasil-muitas-ainda-sem-diagnostico/>>. Acesso em: 03 de janeiro de 2017.

BOLAND, M. *Buckwheat Profile | Agricultural Marketing Resource Center.* Disponível em: <<http://www.agmrc.org/commodities-products/specialty-crops/buckwheat-profile/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

BRASIL.V.C.B.; PINHEIRO. L.G.S.; GHESTI.G.F. Implantação do Trigo Sarraceno para uma produção de cervejas saudáveis. I CERVECÓN, p. 229-236, 2016.

BREW MANSON. *Beer Measurements.* 2015.

BRIGGS. D. *Malting and Brewing Science.* London: Chapman & Hall, 1995.

CHRISTA, K.; SORAL-ŠMIETANA, M. Buckwheat grains and buckwheat products - Nutritional and prophylactic value of their components - A review. *Czech Journal of Food Sciences*, v. 26, n. 3, p. 153–162, 2008.

CULTIVOS, S. C. *et al.* Semente com Sabor de Tradição. *Revista Agropecuária Catarinense*, v.26, n.1, p. 29–31, mar. 2013.

D'AVILA, R. *et al.* Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, v. 8, n. 2, p. 60–68, 2012.

Disponível em:

<http://revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/4160>.

FAEP. *Trigo mourisco: sem glúten, com mercado*. Disponível em: <<http://www.sistemafaep.org.br/trigo-mourisco-sem-gluten-com-mercado.html>>.

Acesso em: 30 nov. 2016.

FERREIRA, D.B. Efeito de diferentes densidades populacionais em características agrônômicas de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum Moench*). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB, 2012.

GAO, J. *et al.* Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum Gaertn.*) starch, a side product in functional food production, as a potential source of retrograded starch. *Food Chemistry*, v. 190, p. 552–558, 2016.

KREFT, I.; FABJAN, N.; YASUMOTO, K. Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) food materials and products. *Food Chemistry*, v. 98, n. 3, p. 508–512, 2006.

KUNZE, W. *Technology Brewing and Malting*. 11. ed. Berlim, 1999.

LUTZ, A. Óleos E Gorduras. *Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos*, p. 589–625, 2008.

LUVISON, L. Trigo mourisco gera renda a produtores que apostam na exportação. 2012 Disponível em Canal Rural < <http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/trigo-mourisco-gera-renda-produtores-que-apostam-exportacao-36012> >.

MERCHANT DU VIN. *Enterprise Dry-Hopped Lager gluten-free beer - Green's Brewery - US Beer Importer Official Site*. Disponível em: <<http://www.merchantduvin.com/brew-greens-enterprise-dry-hopped-gluten-free-lager.php>>.

PARACHIN, N.S; GHESTI, G.F. *Microbes in Wine and beer industries*. 1.ed. Universidade de Brasilia, Brasília, Brasil, 2016.

PAVEK, P.L.S. 2016. Plant Guide for buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). USDA-Natural Resources Conservation Service,. Pullman, WA, 2016.

PORTO, P. D. Tecnologia de Fabricação de Malte: UMA REVISÃO. Instituto de Ciência e tecnologia de alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RIBEIRO, N. J. *DESENVOLVIMENTO DE CERVEJA FUNCIONAL SEM GLÚTEN A PARTIR DE MANDIOCA E TRIGO SARRACENO*. 2016. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2016.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. *Levamento de Safra e Produção*. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

SILVA, D. B. *et al. Avaliação de Gebótipos de Mourisco na Região do Cerrado*. . Brasília, 2002.

SPECKER, C. *Analysis of the interaction of gushing inducing hydrophobins with beer foam proteins*. 2014. Universidade de Munique, 2014.

TROMMER, M. W.; COUTINHO, A. DOS R. ACV do processo de produção da cerveja. *XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, p. 13, 2013.

VIGGIANO, S. Spectrophotometric Analysis of Beer and Wort. 2006.

WBEER. *Cerveja Saint Bier Tássila sem glúten*. Disponível em: <<https://www.wbeer.com.br/cervejas/ale/cerveja-saint-bier-tassila-sem-gluten-300ml/prod13294.html>>.