



IX SEMEALI - UFAM

IX Semana Acadêmica de Engenharia de Alimentos

A Engenharia de Alimentos e o Futuro como Produção Sustentável

12 a 14 de novembro de 2025

Manaus, Amazonas, Brasil

"SCALE UP" DE FERMENTADO ALCOÓLICO DE BLEND DE ABACAXI E LIMÃO

Sabrina S. Santos¹ e Wenderson G. Santos¹

¹UFAM – Universidade Federal do Amazonas

Email: sabrina.silva.santos2130@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o aumento de escala (scale up) na produção de um fermentado alcoólico de blend de abacaxi (*Ananas comosus*) e limão (*Citrus limon*), analisando o impacto do volume de fermentação sobre as características físico-químicas do produto final. Foram conduzidas três etapas de produção em volumes de 800 mL, 3.000 mL e 8.000 mL. As análises físico-químicas foram realizadas seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados mostraram que o aumento de escala não comprometeu a qualidade do produto, mantendo os parâmetros dentro dos limites legais para bebidas fermentadas. O estudo confirmou a viabilidade técnica do método de scale up aplicado a bebidas fermentadas à base de frutas tropicais, demonstrando potencial para aplicação industrial e contribuição à diversificação do mercado de bebidas fermentadas no Brasil.

Palavras-chave: Produção. Aumento de Escala. Frutas.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca entre os maiores produtores mundiais de abacaxi e limão, o que favorece o aproveitamento dessas frutas na elaboração de bebidas fermentadas.

A produção de fermentados de frutas, além de agregar valor, reduz o desperdício de frutos perecíveis e promove alternativas econômicas sustentáveis (Vieira et al., 2017; Sakanaka et al., 2020).

Dentro desse contexto, o método de aumento de escala (scale up) é uma ferramenta essencial para a transição entre a produção laboratorial e a escala piloto ou industrial, garantindo consistência e qualidade do produto final (Vasconcellos et al., 2020).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do scale up sobre o comportamento fermentativo e a estabilidade físico-química do fermentado de abacaxi e limão.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Laboratório de Termodinâmica Aplicada (LABTERMO), localizado na Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Campus Manaus. Para a produção do fermentado alcoólico de blend foram feitas adaptações do processo produtivo usado no projeto de iniciação científica PIB-A/0113/2023.

A partir dos 27 experimentos realizados no projeto PIB-A/0113/2023, foram selecionados os experimentos 2, 5, 6, 12 e 14, para continuação do desenvolvimento do fermentado alcoólico de blend de abacaxi e limão. A seleção foi baseada a partir dos limites máximos e mínimos exigidos pela legislação vigente para Identidade e Qualidade de



IX SEMEALI - UFAM

IX Semana Acadêmica de Engenharia de Alimentos

A Engenharia de Alimentos e o Futuro como Produção Sustentável

12 a 14 de novembro de 2025

Manaus, Amazonas, Brasil

Fermentados Alcoólicos.

Na Tabela 1 estão representados os 5 melhores experimentos selecionados.

Tabela 1 – Dados dos experimentos.

Experimento	°Brix	Limão (%)	Tempo (horas)
1	18	5	120
2	18	10	120
3	18	10	192
4	23,5	5	192
5	23,5	10	120

Fonte: Autores (2025).

O processo de produção foi realizado em três etapas de aumento de escala: 800 mL, 3.000 mL e 8.000 mL. As frutas foram higienizadas em solução de hipoclorito de sódio (100 mg.L⁻¹/10 min), descascadas, cortadas e homogeneizadas (em liquidificador).

O mosto foi preparado na proporção 1:1 (polpa/água) e pasteurizado a 65°C por 30 minutos. Foi utilizado o fermento biológico *Saccharomyces cerevisiae* (0,5 g.L⁻¹), ativado previamente em 50 mL de mosto, ficando em repouso por 30 minutos, sendo posteriormente homogeneizada ao restante do mosto. O tempo de fermentação variou conforme apresentado na Tabela 1, conduzidos a 25 ± 3 °C

Após o término do processo, foram realizadas análises de pH, acidez total (mEq/L), sólidos solúveis (°Brix) e graduação alcoólica (%v/v), conforme o Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio de teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o objetivo de identificar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, todos os experimentos foram feitos em triplicatas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas três etapas do scale up demonstraram que o aumento de volume exerceu influência moderada sobre os parâmetros físico-químicos do fermentado alcoólico, sem comprometer a qualidade do produto final. De modo geral, observou-se que o processo manteve boa reprodutibilidade entre as escalas, evidenciando a estabilidade operacional e a eficiência do sistema fermentativo.

Tabela 2– Valores obtidos na escala de 800mL.

Parâmetros	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	5,50±0,01 ^a	5,00±0,02 ^b	5,45±0,02 ^c	10,10±0,01 ^d	9,50±0,01 ^e
Potencial Hidrogeniônico (pH)	3,18±0,03 ^a	3,36±0,03 ^b	3,50±0,01 ^c	3,19±0,02 ^d	3,29±0,02 ^e
Acidez Total (mEq/L)	104,96±4,35 ^a	74,18±1,02 ^b	89,85±2,32 ^c	84,21±1,50 ^c	88,03±0,51 ^c
Graduação Alcoólica (%v/v)	6,75±0,01 ^a	7,05±0,10 ^b	6,78±0,02 ^c	7,24±0,01 ^d	7,56±0,01 ^e

Fonte: Autores (2025).

Na primeira etapa (800 mL), os valores de sólidos solúveis totais apresentaram redução



IX SEMEALI - UFAM

IX Semana Acadêmica de Engenharia de Alimentos

A Engenharia de Alimentos e o Futuro como Produção Sustentável

12 a 14 de novembro de 2025

Manaus, Amazonas, Brasil

progressiva durante a fermentação, confirmando o consumo de açúcares pelas leveduras. O pH variou entre 3,18 e 3,50, enquanto a acidez total se manteve dentro dos limites estabelecidos pela Instrução Normativa nº 34 (Brasil, 2012), com valores entre 74 e 105 mEq/L.

A graduação alcoólica ficou entre 6,7 e 7,5% v/v, demonstrando uma fermentação eficiente e comparável a outros estudos sobre bebidas fermentadas de frutas tropicais. Foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as médias de pH e acidez em função do aumento de escala.

Na segunda etapa, produção de 3.000 mL (Tabela 2), observou-se leve redução na acidez e aumento da graduação alcoólica, indicando melhor conversão de açúcares em etanol. Os valores de extrato seco permaneceram próximos aos obtidos na etapa anterior, revelando que o aumento de escala não provocou perdas significativas de compostos dissolvidos. Essa constância entre as escalas reforça que as condições de fermentação, especialmente temperatura e proporção de inóculo, foram adequadas para manter a uniformidade do processo.

Tabela 3 - Valores obtidos na escala de 3000 mL.

Parâmetros	Experimento 1	Experimento 2
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	4,90±0,01 ^a	4,40±0,03 ^b
Potencial Hidrogeniônico (pH)	3,30±0,05 ^a	3,50±0,03 ^b
Acidez Total (mEq/L)	90,86±0,3 ^a	65,64±0,52 ^b
Graduação Alcoólica (%v/v)	7,08±0,02 ^a	7,35±0,03 ^b

Fonte: Autores (2025).

Na terceira etapa (8.000 mL), os parâmetros físico-químicos apresentaram variações sutis, evidenciando que o processo em maior escala manteve comportamento semelhante ao observado nas etapas anteriores. O pH final foi de 3,8 e a acidez total de 80,97 mEq/L, confirmando a estabilidade do meio fermentativo. A densidade e o extrato seco aumentaram levemente, possivelmente devido à menor diluição e à maior retenção de compostos provenientes da polpa das frutas.

O experimento 1, selecionado para a etapa final apresentou o melhor equilíbrio entre teor alcoólico, acidez e pH, permanecendo dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Além disso, demonstrou estabilidade físico-química e fermentativa ao longo do processo, o que justificou sua escolha para a produção em maior escala.

Tabela 4 – Valores obtidos na escala de 8.000mL.

Parâmetros	Experimento 1
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	5,00±0,02
Potencial Hidrogeniônico (pH)	3,80±0,03
Acidez Total (mEq/L)	80,97±1,95
Graduação Alcoólica (%v/v)	7,02±0,02

Fonte: Autores (2025).

Os resultados indicam que o aumento de escala não afetou de forma significativa o desempenho da fermentação nem as propriedades físico-químicas do produto final. O comportamento constante dos parâmetros demonstra a viabilidade tecnológica do processo, validando a metodologia de scale up aplicada. Assim, o fermentado de blend de abacaxi e limão apresenta potencial para produção em escala piloto e futura aplicação industrial, destacando-se como uma alternativa promissora para agregação de valor a frutas regionais e diversificação do



IX SEMEALI - UFAM

IX Semana Acadêmica de Engenharia de Alimentos

A Engenharia de Alimentos e o Futuro como Produção Sustentável

12 a 14 de novembro de 2025

Manaus, Amazonas, Brasil

mercado de bebidas fermentadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do método de scale up mostrou-se eficiente para o desenvolvimento do fermentado alcoólico de blend de abacaxi e limão, possibilitando a ampliação da produção sem comprometer as propriedades físico-químicas. O estudo confirmou a viabilidade tecnológica do processo, sendo uma alternativa promissora para a produção de bebidas fermentadas tropicais em escala piloto e industrial, além de contribuir para a redução do desperdício de frutas e para a valorização de produtos regionais.

Ao comparar as três escalas do experimento 1, observou-se que as variações nos parâmetros avaliados foram pequenas, indicando que o aumento de volume não afetou de forma significativa a eficiência da fermentação nem a qualidade final do produto. Esse resultado confirma a reprodutibilidade e o bom desempenho do processo em diferentes escalas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Federal do Amazonas, à PROPESP pela bolsa e ao LABTERMO - UFAM.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008.

VASCONCELLOS, E. et al. Escalonamento de tecnologias: desenvolvimento de produto e processo do laboratório à escala piloto. Química Nova, v. 43, n. 6, p. 842-850, 2020.

SANTOS, R. T. Avaliação do potencial do maracujá da caatinga na elaboração de bebidas alcoólicas fermentadas. Universidade Federal da Paraíba, 2023.

VIEIRA, A. F. et al. Processamento e caracterização de iogurte de limão. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v. 11, n. 2, 2017.