



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA



ELIDIANE CAROLINA NASCIMENTO

***ESTABILIDADE AERÓBICA DA SILAGEM DA CASCA DE MARACUJÁ
(PASSIFLORA EDULIS, SIMS)***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Campus de
Engenharia e Ciências Agrárias,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Zootecnista.

Rio Largo – AL
2025

ELIDIANE CAROLINA NASCIMENTO

***ESTABILIDADE AERÓBICA DA SILAGEM DA CASCA DE MARACUJÁ
(PASSIFLORA EDULIS, SIMS)***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Campus de
Engenharia e Ciências Agrárias,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Zootecnista.

Orientador: Prof. Dr. José Edmar de
Lira

Rio Largo - AL
2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

N244e Nascimento, Elidiane Carolina

Estabilidade aeróbica da silagem da casca de maracujá (*passiflora edulis, sims*). /
Elidiane Carolina Nascimento. – 2025.

26 f.: il.

Orientador(a): José Edmar de Lira

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Graduação em Zootecnia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Silagem de casca de maracujá. 2. Estabilidade aeróbica. 3. Deterioração. 4. Composição química. 5. Ruminantes. I. Título.

CDU: 634.776.3

ELIDIANE CAROLINA NASCIMENTO

***ESTABILIDADE AERÓBICA DA SILAGEM DA CASCA DE MARACUJÁ
(PASSIFLORA EDULIS, SIMS)***

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 31 de outubro de 2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSE EDMAR DE LIRA
Data: 03/11/2025 15:12:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador(a) – Drº José Edmar de Lira

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br ROSA CAVALCANTE LIRA
Data: 05/11/2025 08:56:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Draº Rosa Cavalcante Lira
Prof(a): Campus de Engenharia e Ciências Agrárias

Documento assinado digitalmente
gov.br ELTON LIMA SANTOS
Data: 06/11/2025 13:41:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Drº Elton Lima Santos
Prof(a): Campus de Engenharia e Ciências Agrárias

Dedico

A minha amada mãe, Maria Madalena da Silva Nascimento, a meu saudoso pai, José do Nascimento, ao meu marido José Paulo da Silva Jr., aos meus irmãos, Eduili e Itajair , por serem meu apoio, e abrigo, que me impulsionaram a chegar até aqui. Foi pelo cuidado, força e dedicação de cada um de vocês, que eu acreditei ser possível, e hoje se torna real a realização dessa etapa tão importante da minha vida.

Agradecimentos

Ao Espírito Santo de Deus, que é a minha fonte de vida e inspiração, que me sustentou e me permitiu concluir essa jornada;

Aos meus pais, Madalena e José, que com muito esforço foram meu alicerce, do início ao fim do curso.

Ao curso de Zootecnia, que, além do conhecimento, me permitiu encontrar o homem da minha vida, José Paulo. E a você, meu amor, a minha imensa gratidão por todo o apoio, paciência e força, que foram essenciais para eu não desistir. Sua presença e incentivo foram cruciais para a minha chegada até aqui. Obrigada!

Ao Prof. Dr. José Edmar de Lira pela paciência, amizade, dedicação e orientação que tornou possível a realização desse trabalho;

As amigas que eu fiz durante a graduação, que tornaram o caminho mais agradável;

A todos os professores, obrigado por compartilhar seus conhecimentos.

Meus mais sinceros agradecimentos!!!

RESUMO

NASCIMENTO, E. C. S. **Estabilidade aeróbica da silagem da casca de maracujá (*PASSIFLORA EDULIS*, SIMS)**. (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias, Rio Largo. 31p, 2025.

A silagem de casca de maracujá é uma alternativa de baixo custo para a alimentação de ruminantes em períodos de escassez, sendo o desafio crítico a manutenção de sua estabilidade aeróbica após a abertura do silo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da exposição ao ar sobre a composição químico-bromatológica (PB, FDN, FDA), as perdas de MS e MN, o pH e a temperatura da silagem, utilizando um delineamento inteiramente casualizado com 11 tempos de exposição ao ar (0 a 240 horas). A exposição ao ar provocou uma rápida e intensa deterioração da massa ensilada, confirmada pela elevação expressiva do pH (de 3,56 para 7,87; $P < 0,01$) e da temperatura (de 27,10°C para 31,13°C), além de perdas significativas de Matéria Seca (MS). Observou-se aumento significativo nos teores de FDN e FDA e numérico em PB, que são interpretados como um "efeito de concentração" resultante do consumo preferencial dos carboidratos solúveis pelos microrganismos aeróbicos. Conclui-se que a silagem de casca de maracujá apresenta baixa estabilidade aeróbica, o que compromete a preservação do seu valor nutritivo após a abertura do silo, necessitando de estratégias de manejo ou aditivos que mitiguem essa deterioração.

Palavras-chave: Silagem de casca de maracujá; Estabilidade aeróbica; Deterioração; Composição química; Ruminantes.

ABSTRACT

Passion fruit peel silage is a low-cost alternative for feeding ruminants during scarcity periods; however, maintaining its aerobic stability after silo opening is a critical challenge. The objective of this work was to evaluate the influence of air exposure on the chemical-bromatological composition (CP, NDF, ADF), DM and NM losses, pH, and temperature of the silage, using a completely randomized design with 11 air exposure times (0 to 240 hours). Air exposure caused rapid and intense deterioration of the ensiled mass, confirmed by a significant increase in pH (from 3.56 to 7.87; $P < 0.01$) and temperature (from 27.10°C to 31.13°C), in addition to significant Dry Matter (DM) losses. A significant increase was observed in the contents of NDF and ADF and a numerical increase in CP, which are interpreted as a "concentration effect" resulting from the preferential consumption of soluble carbohydrates by aerobic microorganisms. It is concluded that passion fruit peel silage shows low aerobic stability, which compromises the preservation of its nutritional value after silo opening, requiring management strategies or additives to mitigate this deterioration.

Keywords: Passion fruit peel silage; Aerobic stability; Deterioration; Chemical composition; Ruminants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de coletada da casca de maracujá e enchimento dos silos na indústria de beneficiamento de polpa multifrutas	16
Figura 2 – Silagem de casca de maracujá acondicionadas em tambores no CECA/ UFAL	16
Figura 3 – Silagem de casca de maracujá no silo, tonel.	17
Figura 4 – Silagem de casca de maracujá acondicionadas e colocada ao ar livre no CECA/UFAL	17
Figura 5 – Silagem de casca de maracujá acondicionadas em Becker e colocada ao ar livre no CECA/UFAL	18
Figura 6 – Coleta de dados referentes à estabilidade aeróbica, nos silos.	18
Figura 7 – Coleta de dados referentes à temperatura e pH no processo de estabilidade aeróbica, no laboratório.	19
Figura 8 – Valores de proteína bruta (PB%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao ar	24
Figura 9 – Valores de Fibra em Detergente neutro (FDN%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar	25
Figura 10 – Valores de Fibra em detergente ácido (FDA%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar	25
Figura 11 – Perdas da matéria seca (MS%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar	26
Figura 12 – Perdas da matéria natural (MN%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar	26
Figura 13 – Valores de pH da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar	27
Figura 14 – Valores de temperatura (°C) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição bromatológica da silagem da casca de Maracujá
(% na matéria seca) **23**

Tabela 2 - Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), perdas de matéria seca (MS), matéria natural (MN), pH e Temperatura (°C) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar **24**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.	14
2. MATERIAIS E MÉTODOS	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÃO.	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

INTRODUÇÃO

As pastagens constituem a principal e mais econômica fonte de nutrientes para os ruminantes seja 'in natura' no campo ou conservada sob a forma de feno ou silagem. Estes animais apresentam a capacidade de transformar alimentos grosseiros em produtos de alta qualidade, como o leite e a carne.

A alimentação é considerada um dos componentes mais onerosos do sistema pecuário, sendo um fator de grande peso no processo de produção animal. Em determinados casos, pode consumir até 60-70% dos custos de produção, um desafio acentuado principalmente na estação seca e em regiões como o Nordeste brasileiro, onde se convive anualmente com a falta ou a má distribuição das chuvas.

O sistema de produção da pecuária brasileira tem sido baseado, historicamente, na exploração extensiva dos animais. Contudo, observa-se uma mudança de postura nos últimos anos. Essa transição é impulsionada, principalmente, pela pesquisa zootécnica, que tem aberto horizontes de possibilidades ao produtor rural, aliada à impossibilidade da expansão horizontal (ou seja, da incorporação de novas terras) devido à sua valorização e a questões socioambientais.

Diante desse quadro de incertezas e dúvidas os pesquisadores chamam a atenção para os subprodutos agroindustriais e para um melhor aproveitamento das forrageiras, já existentes, através de pesquisas que venham indicar a época ideal de colheita e a melhor forma de utilização.

Um dos processos de conservação dos alimentos, a silagem, se constitui em uma das formas utilizadas pelos produtores no sentido de diminuir os custos com alimentação ou até mesmo com o aluguel de pastos para os animais no campo. O alimento, forragens verdes ou subprodutos da agroindústria, são coletados e submetidos ao processo de ensilagem e que após determinado período são servidos aos animais sob a forma de silagem.

Dentre as técnicas de conservação, o processo de ensilagem de forragens é uma atividade tradicional e viável, tendo origem remota (desde o Egito Antigo), baseada no princípio de conservação em meio anaeróbico, onde a eliminação do oxigênio na massa ensilada predispõe ao desenvolvimento de bactérias ácido lácticas, que produzem ácidos orgânicos reduzindo o pH e impedindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis que deterioram o material ensilado, alterando o valor nutritivo do produto final (MACHADO et al., 2012). Desta forma, o uso de recursos forrageiros ou de resíduos na forma de silagem beneficia à produção pecuária, uma vez que nos períodos secos o alimento armazenado poderá ser fornecido aos animais.

A silagem de casca de maracujá tem sido uma das alternativas no aproveitamento do subproduto, resultante da industrialização do fruto do maracujá, o que tem chamado a atenção pelo volume produzido e pelas várias possibilidades de utilização nas diversas rações animal.

Com o uso de subprodutos da indústria na alimentação animal surgiu a preocupação com o processo

de conservação e manutenção do valor nutritivo, uma vez que esses materiais representam um grande potencial na exploração animal, o que tem sido motivos de várias pesquisas.

A estabilidade aeróbica de uma silagem pode ser definida como a resistência da massa ensilada à deterioração após a abertura do silo. Segundo Jobim et al. (2007), microrganismos como fungos filamentosos, leveduras e bactérias aeróbicas são os responsáveis por essa deterioração após a abertura do silo e durante o fornecimento no cocho. A respiração desses microrganismos aeróbios é um dos principais agentes que influenciam a qualidade das silagens (GUIM et al., 2002).

Manter o ambiente em anaerobiose durante a fermentação e o armazenamento, bem como a estabilidade aeróbia durante o fornecimento no cocho, são fatores importantes para a preservação do valor nutritivo do material. A presença do oxigênio durante o desabastecimento favorece o crescimento de microrganismos que estavam em dormência, os quais consomem nutrientes, produzem CO₂, água e aumentam a temperatura da massa ensilada (GIMENES et al., 2006).

A quantidade de microrganismos aeróbios presentes na silagem é determinada pela sua presença no material original (seja a planta antes do corte ou o subproduto agroindustrial) e pelo grau de desenvolvimento durante a fase aeróbia inicial (VILELA et al., 2003).

O fato de poderem se multiplicar em uma ampla faixa de pH (3 a 8) faz com que as leveduras sejam, frequentemente, o primeiro grupo de microrganismos a se desenvolver quando o oxigênio entra em contato com a silagem (MCDONALD et al., 2015). A presença das leveduras é indesejável devido ao consumo de açúcares e liberação de CO₂, resultando em perda de matéria seca e liberação de calor, o que provoca aumento de produtos da reação de “Maillard”. Além disso, a atividade metabólica das leveduras implica em aumento do pH, que, ao atingir valores próximos de 5 a 6, permite o desenvolvimento dos principais fungos (*Aspergillus spp*, *Fusarium spp* e *Pencillium spp*) e bactérias associados à deterioração aeróbia (JOBIM et al., 1997).

Nesse contexto, várias pesquisas têm sido realizadas para avaliar a estabilidade aeróbica de silagens e otimizar o processo de ensilagem, visando garantir a preservação dos nutrientes e, assim, contribuir para uma alimentação animal saudável e maior lucratividade ao produtor.

Tendo como base esses preceitos, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a utilização da casca de maracujá, subproduto da industrialização, na produção de silagem, analisando sua composição química e seu comportamento quanto à estabilidade aeróbica.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência da estabilidade aeróbica sobre a composição química e as perdas fermentativas da silagem de casca de maracujá (*Passiflora edulis*, Sims). Foram avaliados os teores de Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), as perdas de Matéria Seca (MS) e Matéria Natural (MN), bem como o monitoramento do pH e da temperatura em diferentes tempos de exposição ao ar.

A matéria-prima (casca de maracujá) foi coletada na indústria de beneficiamento de polpa "Multifrutas", localizada no município de Anadia-AL, na Zona da Mata alagoana, a 95 km da capital. No próprio local, o material foi submetido à ensilagem em tambores de 250L, os quais foram revestidos internamente com bolsas plásticas. Posteriormente, os silos experimentais foram transportados para o Campus CECA da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (Figura 1), onde permaneceram lacrados por um período de 45 dias de fermentação, até a abertura e início das coletas de dados.

O ensaio de estabilidade aeróbica foi realizado no Campus CECA da UFAL, situado no município de Rio Largo-AL, durante o período de novembro de 2018 a outubro de 2019 (Figura 2). O referido município apresenta uma altitude média de 127m acima do nível do mar, com temperatura média máxima de 29°C e mínima de 21°C.

Para a avaliação da deterioração, amostras de 4 kg de silagem foram retiradas dos tonéis (Figura 3) para a confecção de amontoados. Estes foram mantidos em um galpão coberto, com piso cimentado, porém aberto lateralmente, permitindo a penetração de ar e a incidência indireta de raios solares (Figura 4). Simultaneamente, amostras comparativas de aproximadamente 1 kg de silagem foram retiradas e acondicionadas em béqueres (Figura 5) para acompanhamento paralelo.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por 11 tratamentos (tempos de exposição ao ar: 0, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216 e 240 horas) e quatro repetições.

Para as medições físicas, foi utilizado um termômetro digital para aferição da temperatura e um peagâmetro de bancada para as tomadas de pH (Figuras 6 e 7). As pesagens para verificação das perdas de matéria seca (MS) foram realizadas em balança de precisão. As determinações de MS e Proteína Bruta (PB) seguiram a metodologia de Wende, enquanto os teores de FDN e FDA foram determinados pelo método de Van Soest, ambos citados por Silva (2000).

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística utilizando o software SAS (Statistical Analysis System), conforme os procedimentos descritos por Ferreira (2000). As análises bromatológicas e as pesagens foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFAL (Campus CECA) e no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal da Paraíba (UFPB, Campus

Aréia-PB).

Figura - 1. Processo de coleta da casca de maracujá e enchimento dos silos na indústria de beneficiamento de polpa multifrutas.



Fonte: O autor (2018)

Figura - 2. Silagem de casca de maracujá acondicionadas em tambores no CECA/ UFAL



Fonte: O autor (2018)

Figura - 3. Silagem de casca de maracujá no silo, tonel.



Fonte: O autor (2019).

Figura - 4. Silagem de casca de maracujá acondicionadas e colocada ao ar livre no CECA/UFAL



Fonte: O autor (2019).

Figura - 5. Silagem de casca de maracujá acondicionadas em Becker e colocada ao ar livre no CECA/UFAL



Fonte: O autor (2019).

Figura - 6. Coleta de dados referentes à estabilidade aeróbica, nos silos.



Fonte: O autor (2019).

Figura - 7. Coleta de dados referentes à temperatura e pH no processo de estabilidade aeróbica, no laboratório.



Fonte: O autor (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição químico-bromatológica da silagem da casca de maracujá, avaliada no momento da abertura do silo (tempo zero de exposição aeróbica), é apresentada na Tabela 1. Estes teores basais de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Lignina, Extrato Etéreo (EE) e Cinzas serviram como referência para as análises subsequentes de deterioração.

Ao avaliar o efeito da exposição ao ar (Tabela 2 e Figura 1), observou-se que os teores de Proteína Bruta (PB) apresentaram um aumento numérico ao longo do período experimental, variando de 9,23% (tempo 0h) para 10,98% (tempo 240h). Contudo, apesar dessa variação, a análise estatística demonstrou que as diferenças não foram significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Os dados ajustaram-se a um efeito quadrático, com elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 99,44\%$), embora não significativo (ns).

Este aumento aparente na concentração percentual de PB é um fenômeno comumente relatado durante a deterioração aeróbica. A explicação reside na atividade metabólica de microrganismos aeróbios (como bactérias, fungos e leveduras), que consomem preferencialmente carboidratos solúveis e ácidos orgânicos como fonte de energia. A perda desses componentes da matéria seca, que são mais lábeis, resulta em um aumento relativo (ou concentração) dos componentes estruturais e nitrogenados, como a própria PB.

De fato, a respiração dos microrganismos aeróbios é considerada um dos principais fatores que influenciam a qualidade final das silagens (GUIM et al., 2002). Corroborando os resultados encontrados, Bernardes et al. (2009), ao analisarem as alterações químicas e microbiológicas em silagens de capim-marandu pós-abertura, também verificaram um aumento não significativo ($P > 0,05$) na concentração de PB. Os autores atribuíram esse comportamento à diminuição do valor nutritivo geral da silagem, causada pelo consumo de nutrientes, embora tenham pontuado que também pode ocorrer consumo de compostos nitrogenados solúveis.

De acordo com Lima et al. (2015) as silagens de melhor valor nutritivo são as mais propensas a perdas aeróbicas e conseqüentemente a deterioração; microrganismos como leveduras, bactérias e fungos filamentosos são os principais agentes aeróbicos que atuam após a abertura do silo e exposição da massa ensilada ao ar. Manter o ambiente em anaerobiose durante a fase de fermentação e armazenamento, bem como a estabilidade aeróbia durante a fase de fornecimento no cocho, são fatores importantes para a preservação do valor nutritivo do material ensilado contribuindo para diminuição das perdas nutricionais da massa ensilada (GIMENES et al., 2006)

Os dados de Fibra em Detergente Neutro (FDN%) e Fibra em Detergente Ácido (FDA%) mostrados na Tabela 2, figuras 2 e 3, respectivamente, coletados após a exposição da silagem de casca

de maracujá ao ar, variaram de 50,72 a 58,64% para FDN e de 38,78 a 46,85% para FDA, nos tempos de Zero a 240 horas de exposição, respectivamente, caracterizando aumento significativo ($P < 0,05$) e efeito polinomial quadrático com coeficiente de determinação (R^2) de 98,05% para FDN e 99,83 para FDA, o que significa que a linha de regressão explica todas as variações possíveis das variáveis dependentes, dentro do estudo realizado. Amaral et al., citados por Lima et al. (2015) avaliando a estabilidade aeróbica de silagens observaram aumentos nos teores de FDN, FDA e lignina. Matos et al., (2006) afirmam que a quebra da estabilidade aeróbica resulta em consumo de ácidos orgânicos e açúcares solúveis resultando no aumento dos conteúdos fibrosos e perda de nutrientes digestíveis totais e energia. Amaral et al. (2008) ao avaliarem a estabilidade aeróbica das silagens de capim-marandu submetidas a diferentes pressões de compactação na ensilagem (100, 120, 140 e 160 kg MS/m³) e tempos de exposição ao ar, verificaram aumento nos teores de fibra em detergente neutro (78,1 e 80%), de fibra em detergente ácido (40,4 e 41,7) e de lignina (6,3 e 7,4%), para os tempos de 0 e 3 dias, respectivamente, em função dos tempos de exposição aeróbica.

As perdas de Matéria Seca (MS%) e Matéria Natural (MN%) variaram de Zero a 1,60% e de Zero a 12,36%, respectivamente entre os tratamentos de Zero a 240 horas de exposição ao ar livre, da silagem da casca do maracujá, conforme mostram a Tabela 2 e Figuras 4 e 5, respectivamente. A linha de regressão com coeficiente de determinação (R^2) acima de 99%, tanto para perdas de MS (ns) como para perdas de MN (ns) e o efeito polinomial quadrático estão explicados na representação gráfica espacial das variáveis dependentes e independentes das figuras citadas. As perdas de matéria seca e matéria natural variaram com o aumento do tempo de exposição ao ar, acompanhando o aumento da temperatura e a variação, aumento do pH da silagem,

De acordo com Rebelo et al., (2012) durante o processo de ensilagem, abertura do silo e fornecimento ocorre perdas fermentáveis influenciando nas perdas de MN e, conseqüentemente de MS.

Microrganismos como fungos filamentosos, leveduras e bactérias aeróbicas são responsáveis pelo consumo de nutrientes da massa ensilada após a abertura do silo e durante o fornecimento aos animais no cocho. O processo de conservação de forragens ou resíduos tem implicado em perdas que podem ser de natureza mecânica ou resultante de processos biológicos. Os tempos de exposição ao ar influenciaram no aumento da PB, FDN, FDA e perdas de MN e MS com conseqüente alteração na composição bromatológica da massa ensilada.

Segundo Jobim et al., (2007) e McDonald et al., (2015) a estabilidade aeróbica de uma silagem pode ser definida como a resistência da massa ensilada a alterações que podem implicar no aumento ou diminuição de alguns componentes da composição química após a abertura do silo e fornecimento aos animais no cocho; pensamento semelhante expôs Rebelo et al., (2012) ao estudarem o processo de ensilagem.

Os dados referentes ao monitoramento do pH (Tabela 2, Figura 6) e da temperatura (Tabela 2, Figura 7) demonstraram o avanço do processo de deterioração da silagem. O pH apresentou uma elevação expressiva, partindo de 3,56 no momento da abertura (0 horas) e atingindo 7,87 após 240 horas de exposição ao ar. De forma paralela, a temperatura da massa ensilada também aumentou, variando de 27,10°C (0 horas) para um pico de 31,13°C durante o período avaliado.

A análise de regressão revelou que ambas as variáveis se ajustaram a um modelo polinomial quadrático, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 97%. O modelo para o pH foi altamente significativo ($P < 0,01$), confirmando a forte correlação entre o tempo de exposição e a perda de acidez. Embora o modelo quadrático para a temperatura também tenha apresentado alto R^2 , o efeito não foi estatisticamente significativo (ns). Esses resultados indicam, coletivamente, que os tempos de exposição ao ar influenciaram diretamente o processo de deterioração, refletido no aumento do pH, da temperatura e nas consequentes perdas de matéria seca e matéria natural.

A elevação do pH é o indicador clássico da instabilidade aeróbica. Este comportamento é corroborado por Kung Junior et al. (2003), que, ao estudarem a exposição aeróbica de silagens, verificaram uma variação de pH de 3,5 a 8,0. Os autores atribuem essa alteração à atividade deteriorativa de microrganismos aeróbios, como leveduras e fungos filamentosos, que consomem os ácidos orgânicos da silagem, principalmente o ácido lático, anulando o efeito de conservação.

Este processo metabólico é exotérmico, o que explica o aumento da temperatura na massa. Segundo McDonald et al. (2015), as alterações na composição química durante a deterioração são invariavelmente acompanhadas pelo aumento do pH e da temperatura. A intensidade dessas reações, promovidas por fungos, leveduras e bactérias aeróbicas, dita o ritmo da deterioração. Esses autores alertam, ainda, que o crescimento de bolores em silagens expostas ao ar pode levar à produção de toxinas prejudiciais aos animais e ao homem.

Os valores de pH encontrados no presente estudo são consistentes com a literatura. Gimenes et al. (2006) relataram valores médios de pH de 6,64 em silagem de milho após 72 horas de exposição ao ar, representando um acréscimo de 3,22 unidades em relação ao momento da abertura. Em relação ao comportamento da temperatura, Woolford (1990) observou, em seus estudos, a ocorrência de dois picos de aquecimento: um por volta das 48 horas e outro próximo de 120 horas de exposição. O autor também destacou que silagens com maior teor de matéria seca no momento da ensilagem apresentaram menores aumentos de temperatura, sugerindo que o baixo teor de umidade dificultou a atividade dos microrganismos deterioradores aeróbicos.

Amaral et al. (2008) ao avaliarem a estabilidade aeróbia das silagens de capim-marandu submetidas a diferentes pressões de compactação na ensilagem (100, 120, 140 e 160 kg MS/m³), e tempo de exposição ao ar livre verificaram aumentos dos valores de pH que passou de 5,8; 6,9 para 7,8. Segundo Muck, (2010), as bactérias produtoras de ácido acético podem ser iniciadoras do

processo de deterioração ao metabolizar o etanol ou até mesmo o ácido acético e produzir CO₂, quando a quantidade de etanol da massa ensilada se encontra baixa. De acordo com o autor estas bactérias ao consumirem esses substratos provocam aumentos do pH, possibilitando assim, o desenvolvimento de outros microrganismos deteriorantes como os *Bacillus* spp os quais apresentam maior importância em silagens com pH superior a 4,5.

A presença do oxigênio antes da abertura do silo e durante o seu desabastecimento favorece o crescimento de microrganismos que estavam em dormência, consumindo nutrientes e produzindo CO₂, água e aumentando a temperatura e o pH do material ensilado. O fato de poderem se multiplicar em uma ampla faixa de pH (3 a 8) faz com que as leveduras sejam o primeiro grupo de microrganismos a se desenvolverem quando o oxigênio entra em contato com a silagem facilitando a contaminação por bactérias e fungos, quebrando a estabilidade aeróbica (MUCK, 2010 e MCDONALD et al.,2015).

Tabela - 1. Composição bromatológica da silagem da casca de Maracujá (% na matéria seca)

Itens	Valores (% na matéria seca)
Matéria seca (%)	13,00
Proteína bruta (%)	9,23
Fibra em detergente neutro (%)	50,72
Fibra em detergente ácido (%)	38,78
Lignina	6,87
Extrato etéreo (%)	1,51
Cinzas (%)	5,43

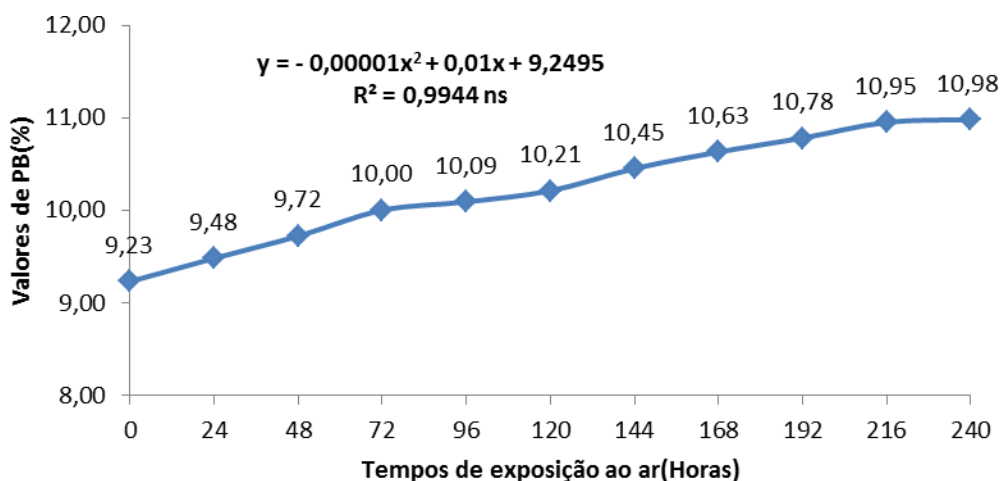
Fonte: Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal CECA-UFAL (2018).

Tabela – 2. Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), perdas de matéria seca (MS), matéria natural (MN), pH e Temperatura (°C) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar.

HORAS	ANÁLISES BROMATOLÓGICAS						PERDAS		PERDAS		PH		TEMPERATURA	
	PB (%)		FDN (%)		FDA (%)		M.S. (%)		M.N. (%)				°C	
0	9,2317	a	50,7250	a	38,7800	a	0,0000	a	0,0000	a	3,5600	a	27,10	a
24	9,4867	a	52,5983	b	38,9717	a	0,1600	a	1,2600	a	3,6750	a	27,63	a
48	9,7240	a	53,6783	c	39,3083	b	0,3333	b	2,5667	b	3,8283	a	27,97	a
72	10,0000	a	54,4217	d	39,9783	b	0,5517	b	4,2450	b	3,9600	ab	28,38	a
96	10,0900	a	55,2183	e	40,7883	c	0,7817	c	6,0183	c	4,5200	ab	28,97	a
120	10,2100	a	55,7217	f	41,5917	d	0,8767	c	6,7283	c	5,3567	b	29,57	b
144	10,4550	a	56,0433	g	42,3840	e	1,1167	d	8,5867	d	5,9500	b	29,98	b
168	10,6317	a	56,6667	h	43,4300	f	1,2517	d	9,6450	d	6,6200	bc	30,47	b
192	10,7867	a	57,1933	i	44,4017	g	1,3850	e	10,6500	e	7,2783	c	30,78	b
216	10,8333	a	58,0350	j	45,3333	h	1,5867	e	12,2117	e	7,4917	c	31,08	b
240	10,9833	a	58,6483	k	46,8567	i	1,6083	e	12,3667	e	7,8783	c	31,13	b

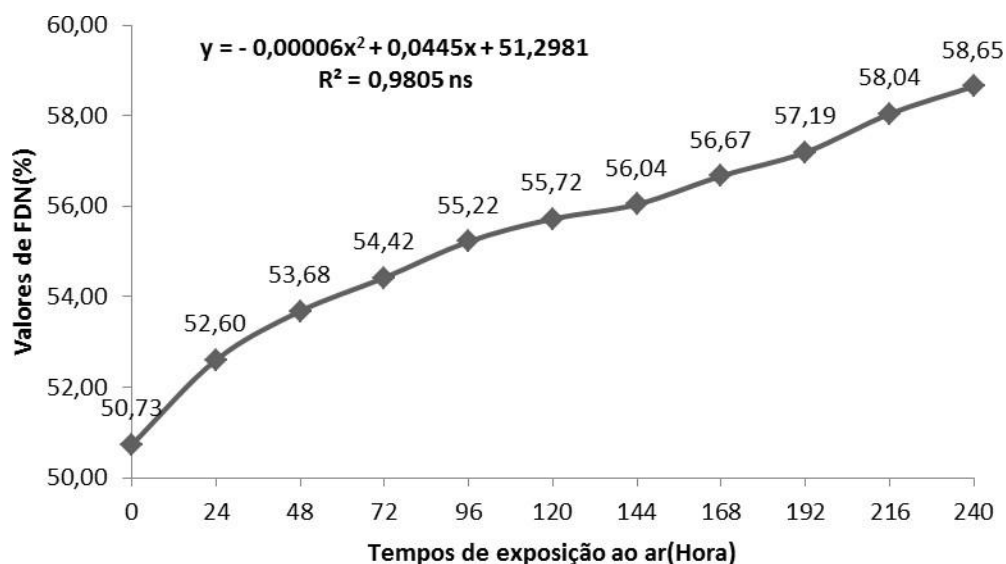
Fonte: O autor (2019)

Figura – 8. Valores de proteína bruta (PB%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar.



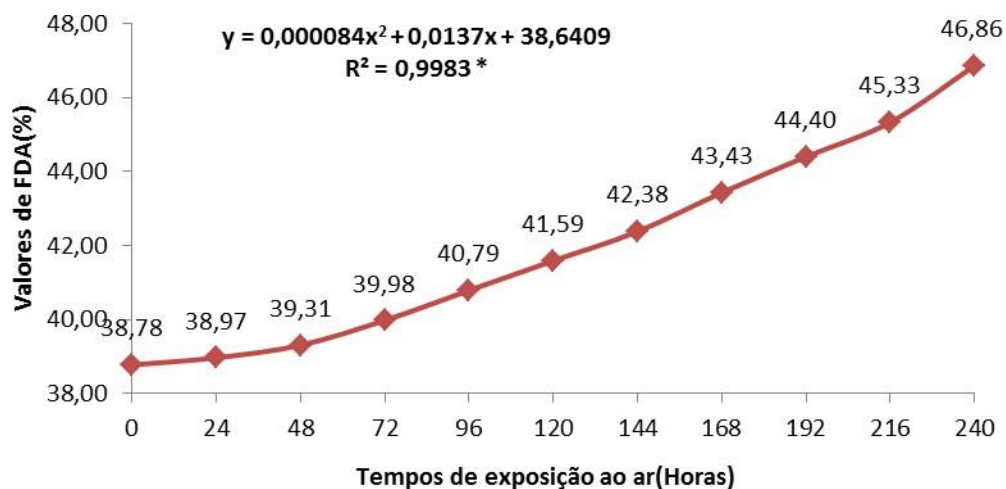
Fonte: O autor (2019)

Figura – 9. Valores de Fibra em Detergente neutro (FDN%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar.



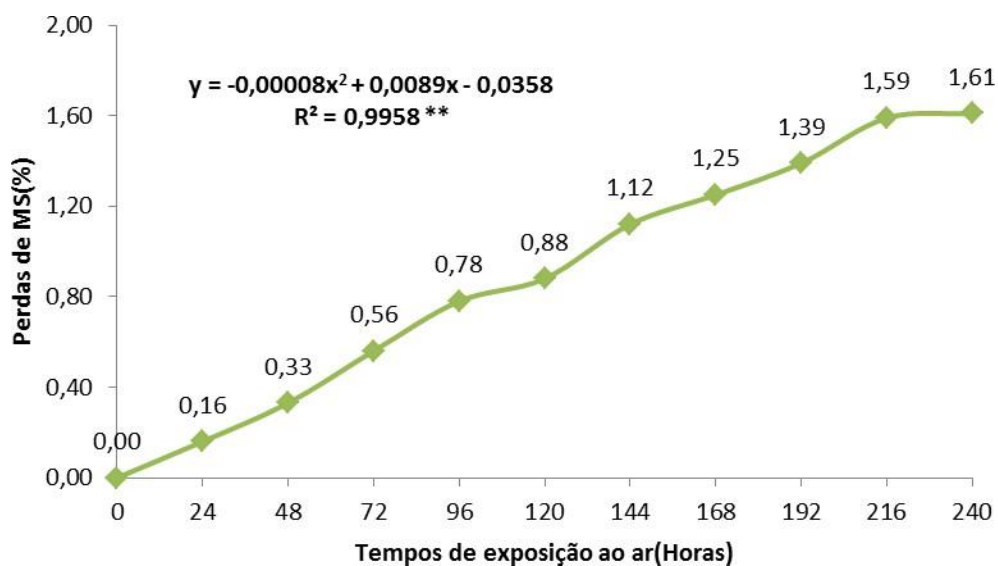
Fonte: O autor (2019)

Figura - 10. Valores de Fibra em detergente ácido (FDA%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar.



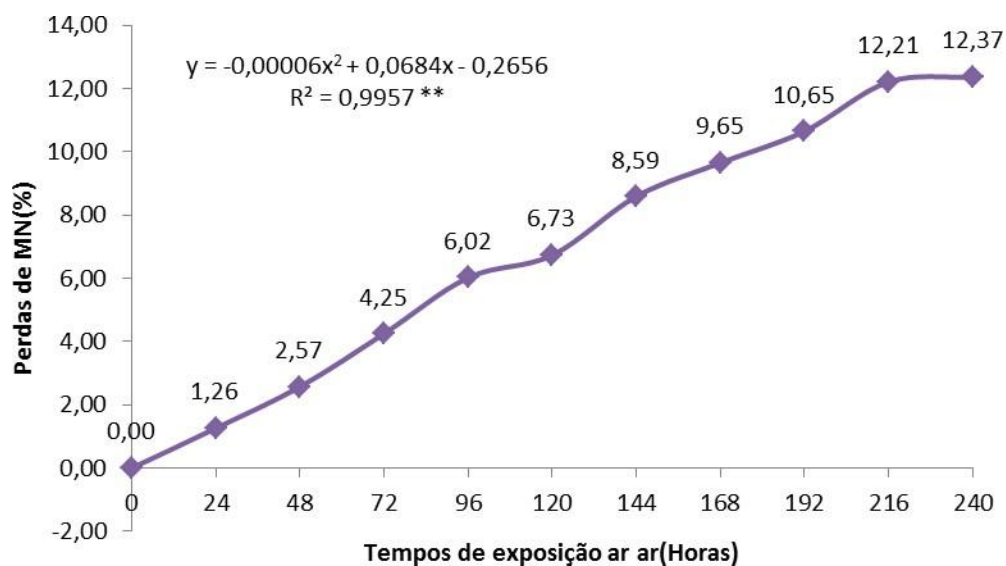
Fonte: O autor (2019)

Figura - 11. Perdas da matéria seca (MS%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar.



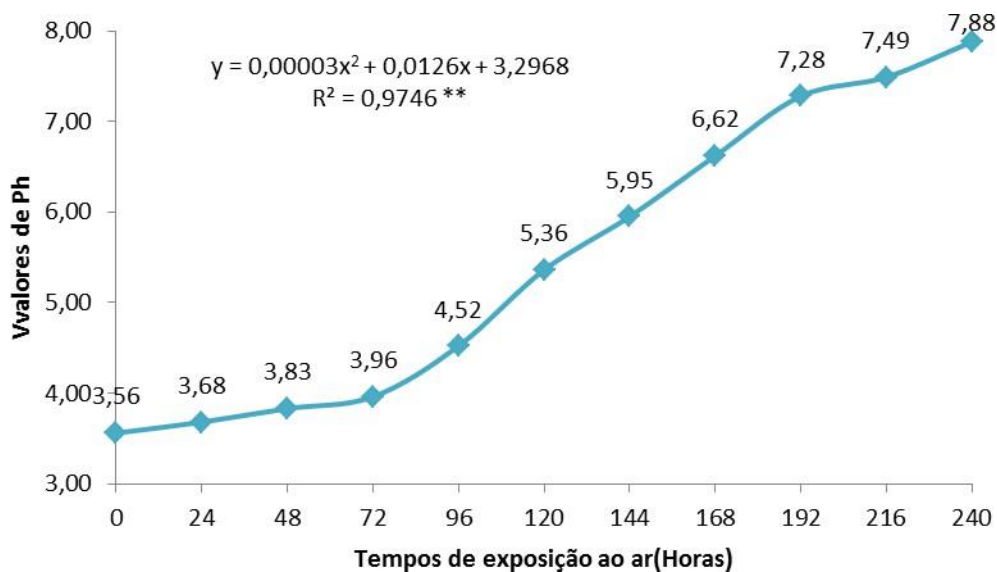
Fonte: O autor (2019)

Figura – 12. Perdas da matéria natural (MN%) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar.



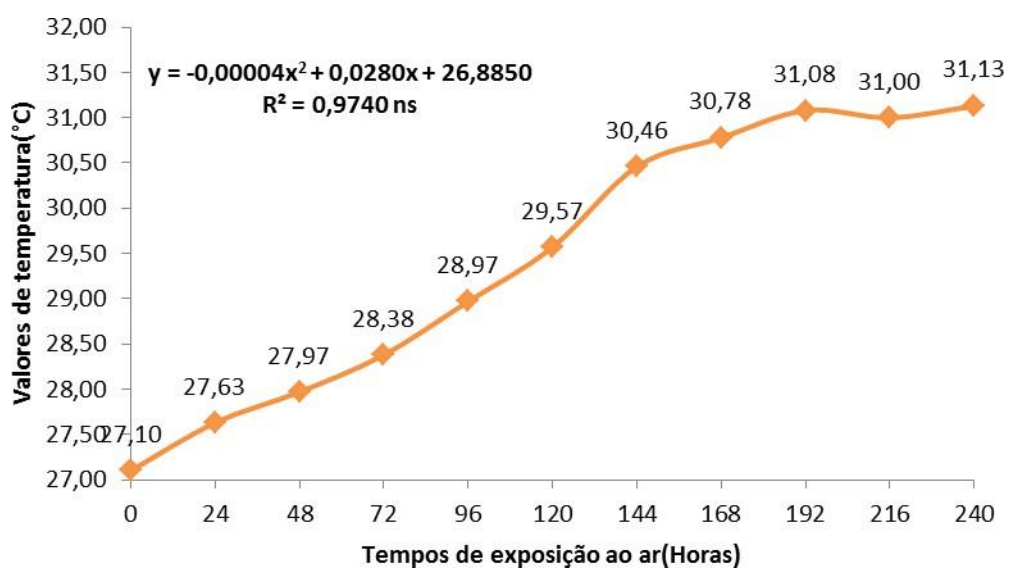
Fonte: O autor (2019)

Figura – 13. Valores de pH da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar.



Fonte: O autor (2019)

Figura - 14. Valores de temperatura (°C) da silagem da casca de maracujá submetida à exposição ao Ar.



Fonte: O autor (2019)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exposição ao ar provocou a rápida deterioração da silagem de casca de maracujá. Isso foi evidenciado por mudanças macroscópicas na cor e odor, além da fácil desintegração da massa e liberação de efluente com cheiro forte.

O processo foi intensificado pelo alto teor de umidade do material (87%) e pela contaminação microbiana. Analiticamente, a deterioração foi confirmada pela elevação do pH, da temperatura e por perdas significativas de matéria seca (MS) e matéria natural (MN).

Os aumentos percentuais observados em PB, FDN e FDA não indicam melhoria nutritiva, mas sim um "efeito de concentração", resultante do consumo de carboidratos solúveis pelos microrganismos aeróbios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; AMARAL, R. C. Chemical and microbiological changes and aerobic stability of marandu grass silages after silo opening. *R. Bras. Zootec.*, v.38, n.1, p.1-8, 2009.
- FERREIRA, P. V.; Estatística Aplicada à Agronomia. Maceió, EDUFAL, 2000, 606p
- AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.6, p.977-983, 2008.
- GIMENES, A. L. G.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F. B. et al. Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. *Acta Sci. Anim. Sci.* Maringá, v.28, n.2, p.153-158, 2006.
- GUIM, A.; ANDRADE, P.; SCHOCKEN, R. P. I. et al. Estabilidade Aeróbica de Silagens de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) Emurchecido e Tratado com Inoculante Microbiano. *R. Bras. Zootec.*, v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.
- JOBIM, C. C.; REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P. Presença de microrganismos nas silagens de grãos úmidos de milho ensilados com diferentes proporções de sabugo. *Pesq. Agropec. Bras.* v.32, n.2, p.201-2014, Fev. 1997.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *R. Bras. Zootec.*, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.
- KUNG JUNIOR, L.; TAYLOR, C. C.; LYNCH, M. P.; NEYLON, J. M. The effect of treating alfafa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.86, p.336-343, 2003.
- Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal CECA-UFAL (2018).
- LIMA, E. M de et al, Deterioração aeróbica de silagens. REVISTA ELETRÔNICA NUTRITIME – ISSN 1983-9006 www.nutritime.com.br Artigo 299 Volume 12 - Número 02– p. 3996– 4003- Março/Abril 2015
- MATOS, D. S.; GUIM, A.; BATISTA, A. M. V.; et al Estabilidade aeróbica e degradabilidade da silagem de maniçoba (*Manihot* sp.) emurhecida. *R. Bras. Ciên. Agrá.* v.1, n. único, p.109-114, 2006.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. *The bioch. of sil.*, 2ª ed. Marlow: REVISTA ELETRÔNICA NUTRITIME – ISSN 1983-9006 www.nutritime.com.br Artigo 299 Volume 12 - Número 02– p. 3996– 4003- Março/Abril 2015
- MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. *R. Bras. Zootec.*, v.39, p.183-191, 2010.

RABELO, C. H. S.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, D. A.; RABELO, F. H. S. SENEDESE, S. S.; VIEIRA, P. F.; BARBOSA, L. A. CARVALHO, A. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim. Salvador, v.13, n.3, p.656-668 jul./set., 2012 <http://www.rbspa.ufba.br>ISSN 1519 9940.

SILVA, D. J. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). Viçosa, UFV, imp. Univ., 2000, 166p.

VILELA, D.; VEIGA, V. M. O. Silagem e seus riscos. *Com. téc.*; 33. Juiz de Fora, MG. Dezembro, 2003.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. Journal of Applied Bacteriology, v.68, p.101-116, 1990.