

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

RICARDO SEIXAS

**OXIDAÇÃO DO ÁCIDO ASCÓRBICO EM TANQUE COM IMPULSORES AXIAL
E RADIAL EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO, CHICANAS E TEMPO DE OPERAÇÃO**

SANTOS
2015

RICARDO SEIXAS

**OXIDAÇÃO DO ÁCIDO ASCÓRBICO EM TANQUE COM IMPULSORES AXIAL
E RADIAL EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO, CHICANAS E TEMPO DE OPERAÇÃO**

Dissertação apresentada à
Universidade Santa Cecília como parte
dos requisitos para obtenção de título
de mestre no Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica,
sob orientação de: Prof. Dr. Deovaldo
de Moraes Júnior

SANTOS/SP

2015

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Seixas, Ricardo

Oxidação do ácido ascórbico em tanque com impulsores axial e radial em função da rotação, chicanas e tempo de operação. / Ricardo Seixas 2015

82 p.

Orientador: Prof. Dr. Deovaldo de Moraes Júnior

Dissertação (Mestrado) - Universidade Santa Cecília,

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica,

Santos, SP, 2015.

1. Oxidação. 2. ácido ascórbico. 3. Rotação. 4. Rushton. 5. Propulsores. I. Moraes Júnior, Deovaldo. II. Oxidação do ácido ascórbico em tanque com impulsores axial e radial em função da rotação, chicanas, e tempo de operação

*Dedico este trabalho aos que me deram vida pois somente assim
pude alcançar essa minha nova conquista.*

Agradecimento

Agradeço

Ao professor Deovaldo de Moraes Júnior que na figura de um Pai Irmão, sempre esteve presente nesta minha jornada e com sabedoria soube conduzir meus caminhos para que obtivesse êxito e aprimoramento em meus conhecimentos.

À minha esposa Nilene Janini de Oliveira Seixas principal incentivadora, sustentáculo emocional desta jornada.

Aos filhos - Alejandro e Manuela de Oliveira Seixas que, embora precoces no entendimento da vida, foram complacentes quando se tornou necessária minha ausência, neste período.

Aos colaboradores, engenheiros, mestres graduandos e técnicos que proporcionaram o suporte técnico, para que eu pudesse concluir este trabalho: Rodrigo Freire, Eliane Gois, Vitor da Silva Rosa, Aldo Ramos Santos, Sérgio Ferreira, Marlene Silva de Moraes, Gilmar Alcântara, Volnei de Lemos, Irineu Penha de Ressureição.

A todos os familiares e amigos que, neste período de trajetória compenetrada, motivaram-me com palavras e atitudes.

“Devemos julgar um homem mais pelas suas perguntas que pelas respostas”.

(Voltaire)

RESUMO

A vitamina C ou ácido ascórbico, comumente encontrada em frutas cítricas, é de grande relevância na constituição do tecido de sustentação, pela formação do colágeno que, na ausência da mesma pode levar à alteração de seu arcabouço, podendo causar sangramentos, principalmente pelo comprometimento deste tecido em pequenos vasos sanguíneos causando o escorbuto, além de retardar o envelhecimento celular devido ao seu poder antioxidante. Sua importância na alimentação deve-se ao fato do homem não ter a capacidade de sintetizá-la. Outra prerrogativa desta vitamina hidrossolúvel é o auxílio na ativação do sistema complementar da imunidade, quando a primeira linha de defesa encontra-se saturada. Os processos industriais de preparo de polpas e sucos de frutas contemplam, em geral, tanques com impulsores mecânicos, que podem pela agitação, oxidar a vitamina C. Existem processos que levam a um aumento da oxidação do ácido em questão, tais como aumento da luminosidade, temperatura e aumento do tempo de exposição ao oxigênio. O presente estudo visou determinar a oxidação do ácido ascórbico em função do tempo e da rotação (0, 200, 400 e 600 rpm) em tanque de 2 litros com geometria recomendada por Rushton, com impulsores de quatro pás inclinadas a 45° e 6 pás retas (planas), típicas de unidades industriais. Os ensaios foram realizados com chicanas; sem chicanas; e estudando o comportamento do ácido ascórbico fármaco(pastilhas efervescentes) e na sua forma pura(capsulas de ac L ascórbico puro) ambos de 1 grama de massa. A concentração da vitamina C foi obtida através do método iodométrico, recomendado pelo instituto Adolfo Lutz. Constatou-se, de forma mais evidente, a redução de massa de vitamina C para agitação com impulsor de 6 pás planas, rotações superiores a 400rpm, sem chicanas e abriu-se possibilidade para novos estudos para a indústria alimentícia bem como a farmacêutica, visando-se minimizar sua oxidação quando submetida a diferentes variáveis.

Palavras Chave: ácido ascórbico; degradação; agitação; tanque Rushton.

ABSTRACT

Vitamin C or ascorbic acid, commonly found in citrus fruits, is of great importance in the formation of connective tissue, the formation of collagen in the absence thereof may lead to changes in its framework, may cause bleeding, especially the commitment of this tissue in small blood vessels causing scurvy, and slow cellular aging due to its antioxidant power. Their importance in nutrition is due to the fact that man would not be able to synthesize it. Another prerogative of this water-soluble vitamin is assistance in activation of the complement system of immunity, when the first line of defense is saturated. Industrial processes for preparing pulp and fruit juices include, in general, tanks with mechanical thrusters, which can by shaking oxidizing vitamin C. There are processes that lead to increased oxidation of the acid in question, such as enhanced brightness, increasing the temperature and oxygen exposure time. The present study aimed to determine the oxidation of ascorbic acid in function of time and rotation (0, 200, 400 and 600 rpm) in 2 liters of tank geometry recommended by Rushton, with thrusters four blades inclined at 45 ° and 6 paddles straight (flat), typical of industrial units. Assays were performed with baffles; without baffles; and studying the drug ascorbic acid behavior (effervescent tablets) and in its pure form (capsules of pure ascorbic acid L) both mass of 1 gram. The concentration of vitamin C was obtained by iodometric method recommended by the Adolfo Lutz Institute. It was found, more clearly, the mass reduction of vitamin C for agitation with impeller 6 flat blades, speeds greater than 400rpm without baffles and opened up the possibility for further studies for the food industry and the pharmaceutical, aiming to minimize oxidation when subjected to different variables.

Keywords: ascorbic acid; degradation; agitation; Rushton tank.

Lista de Ilustrações

FIGURA 1:	Estrutura helicoidal do colágeno	16
FIGURA 2:	Modelos de misturadores e agitadores de compostos pouco viscoso	22
FIGURA 3:	Impulsores tipo hélice para mistura pouco viscosa	23
FIGURA 4:	Impulsores para tanque de Rushton	24
FIGURA 5:	Esquema de um tanque com e sem chicana.	25
FIGURA 6:	Padrão de geometrias feitas por Rushton.....	26
FIGURA 7:	Bancada Experimental	28
FIGURA 8:	Internos	28
FIGURA 9a:	Sequência da preparação da solução de iodato de potássio	29
FIGURA 9b:	Sequência da preparação da solução de iodeto de potássio.....	30
FIGURA 9c:	Gotejamento da solução de iodato em solução de iodeto para avaliação da perda de massa pela titulação	30
FIGURA 10:	Alinhamento dos 26 experimentos com as respectivas perdas de massa levando-se em conta chicanas, tipo de fármaco e tempo de agitação	61
FIGURA 11:	Oxidação de Vitamina C (Cebion®) em Tanque com 4 pás Inclínadas 45°	62
FIGURA 12:	Oxidação de Vitamina C (Cebion®) em Tanque com 6 pás planas	63
FIGURA 13:	Oxidação de Vitamina C (Cápsula) em Tanque com 4 pás Inclínadas 45°	64
FIGURA 14:	Oxidação de Vitamina C (Cápsula) em Tanque com 6 pás planas.	65

Lista de Tabelas e Quadros

Tabela 1:	Perdas de vitamina C durante o branqueamento de vegetais.	21
Tabela 2:	Ensaio com Cebion®, rotação zero	35
Tabela 3:	Ensaio com Cebion®, rotação 200rpm, sem chicanas, 4 pás inclinadas 45°	36
Tabela 4:	Ensaio com Cebion®, 200 rpm, com chicana, 4 pás inclinadas 45°	37
Tabela 5:	Ensaio com Cebion®, 200 rpm sem chicanas, 6 pás planas	40
Tabela 6:	Ensaio com Cebion® 200 rpm, com chicana, 6 pás planas	39
Tabela 7:	Ensaio com Cebion®, 400 rpm, sem chicanas, 4 pás inclinadas 45°	40
Tabela 8:	Ensaio com Cebion®, 400 rpm, com chicanas, 4 pás inclinadas 45°	43
Tabela 9:	Ensaio com Cebion®, 400 rpm, sem chicanas, 6 pás planas	44
Tabela 10:	Ensaio com Cebion®, 400 rpm, com chicana, 6 pás planas	45
Tabela 11:	Ensaio com Cebion®, 600 rpm, sem chicanas 4 pás inclinadas 45°	46
Tabela 12:	Ensaio com Cebion®, 600 rpm, com chicanas, 4 pás inclinadas 45°	47
Tabela 13:	Ensaio com Cebion 600® rpm, sem chicana, 6 pás planas	48
Tabela 14:	Ensaio com Cebion 600® rpm, com chicanas, 6 pás planas.	49
Tabela 15:	Ensaio com vitamina C pura, rotação zero	50
Tabela 16:	Ensaio com vitamina C pura, 200 rpm, sem chicanas, 4 pás inclinadas 45°	49
Tabela 17:	Ensaio com vitamina C pura, 200rpm, com chicanas, 4 pás inclinadas 45°	50
Tabela 18:	Ensaio com vitamina C pura, 200rpm, sem chicanas, 6 pás planas	51
Tabela 19:	Ensaio com vitamina C pura, 200rpm, com chicanas, 6 pás planas	52
Tabela 20:	Ensaio com vitamina C pura, 400rpm, sem chicanas, 4 pás inclinadas 45°	53

Tabela 21:	Ensaio com vitamina C pura, 400rpm, com chicanas, 4 pás inclinadas 45°	54
Tabela 22:	Ensaio com vitamina C pura, 400rpm, sem chicanas, 6 pás planas.....	55
Tabela 23:	Ensaio com vitamina C pura, 400rpm, com chicanas, 6 pás planas.....	56
Tabela 24:	Ensaio com vitamina C pura, 600rpm, sem chicanas, 4 pás inclinadas 45°	57
Tabela 25:	Ensaio com vitamina C pura, 600rpm, com chicanas, 4 pás inclinadas 45°	58
Tabela 26:	Ensaio com vitamina C pura, 600rpm, sem chicanas, 6 pás planas..	59
Tabela 27:	Ensaio com vitamina C pura, 600rpm, com chicanas, 6 pás planas..	60
Tabela 28:	Porcentagem de perda de ácido ascórbico em cada experimento	67

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	12
1.1 Generalidades	12
1.2 Objetivo	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Conceituação sobre Vitamina C	14
2.1.1 Quantificação e degradação da vitamina c	19
2.2 Misturadores e agitadores	22
2.3 Tanque de Rushton	24
2.4 Método anteriormente empregado	26
3. MATERIAL E METODOS	28
3.1 Material	28
3.2 Métodos	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 Resultados	36
4.2 Discussão	69
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	70
5.1 Conclusões	70
5.2 Sugestões	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICE	74

1. INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades.

A tão amplamente conhecida e utilizada vitamina C ou ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$), ascorbato, quando na forma ionizada, passou por anos de pesquisas e uma série de testes até ser realmente isolada e comprovada. Inicialmente entre 1928 e 1932, as equipes de pesquisas do cientista húngaro Albert Szent- Györgyi e a do pesquisador americano Charles Glen King, conseguiram identificar o fator antiescorbútico como uma substância química única particular. (FIORUCCI,A.R., SOARES,M.H.F.B., CAVALHEIRO,E.T.G, 2003; LE COUTEUR,P., BURRENSEN, J, 2006)

O escorbuto, doença provocada pela carência de vitamina C, ocorre pela não atuação da vitamina em questão na formação de tecido colágeno, comprometendo seu arranjo na formação de seu arcabouço, produzindo fraqueza em sua constituição. Essa carência provoca a degeneração de vasos sanguíneos e o comprometimento da formação do tecido cicatricial.

Atuando também como cofator na ativação de um sistema alternativo de imunidade (sistema complemento - via alternativa), a vitamina C tem papel fundamental nos processos de melhoria das defesas contra infecções no organismo, além de lhe conferir um papel de protetora de alguns nutrientes como ferro impedindo sua oxidação.(MANELA-AZULAY, LACERDA, PEREZ, FILGUEIRA & CUZZI, 2003)

Quando em suas pesquisas, Szent-Györgyi isolou o ácido hexurônico a partir de glândulas adrenais de animais, suspeitou tratar-se do fator antiescorbútico, porém não conseguiu provar esta relação sem realizar um ensaio biológico. Assim, em 1932 no Laboratório King, da Universidade de Pittsburgh, obteve-se o ácido hexurônico adrenal através das técnicas de Szent-Györgyi demonstrando o fator antiescorbútico da vitamina C. (FIORUCCI,A.R., SOARES, M.H.F.B., CAVALHEIRO,E.T.G, 2003;BUTLER, .R E GASH,R,1993).

Testes foram realizados pelo britânico Walter Norman Haworth juntamente com Edmund Hirst e suas equipes, definindo a estrutura correta e a natureza

óptica de isómeros da vitamina C, ocorrendo então em 1934, a primeira síntese da vitamina. (FIORUCCI, A.R., SOARES, M.H.F.B., CAVALHEIRO, E.T.G, 2003).

Após os períodos fundamentais para sua síntese, passou-se a lidar com questões para extração em grande escala e processamento industrial da vitamina C, meios de transporte, armazenamento, maneiras de cocção, elencando-a dentre as vitaminas mais sensíveis a perdas durante o processo, que inclui a oxidação em tanques com impulsores (ABRANCHE, M.V. et al., 2008; MORAES, S.P.M. et al, 2010)

1.2 Objetivo

Esta dissertação teve por objetivo quantificar, de forma experimental, a oxidação da vitamina C em um tanque de bancada, com geometria padronizada por Rushton que permite ampliação em escala. A oxidação foi determinada em função do tempo da presença de chicanas da rotação e do tipo de impulsores (axial e radial).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceito sobre vitamina C.

O Ácido Ascórbico (AA), ou simplesmente vitamina C, é uma substância catalisadora hidrossolúvel e termolábil ou seja, apresenta alterações quando exposta à variação de temperatura. Os primatas, ordem de mamíferos que compreende o homem, os macacos e os lêmures, são os únicos mamíferos incapazes de sintetizar o AA. Neles, ocorre o comprometimento da síntese do ácido L-ascórbico, que é a forma pura da vitamina C, a partir da glicose, devido à deficiência de gulonolactona oxidase, deficiência causada por determinação genética (NISHIKIMI et al. 1994).

A quantificação do ácido ascórbico em determinado alimento torna-se bastante complexa, pois este pode estar presente em pequenas doses, além de poder conter substâncias interferentes na quantificação e, inclusive contribuir para sua degradação. Desta forma, torna-se difícil a dosagem de vitamina C presente naturalmente nos alimentos, ao contrário de quando é adicionada sinteticamente aos produtos.

Tal deficiência da molécula de ácido L-ascórbico, é algo que vem sendo observado há muito tempo, sendo inclusive documentado nos livros sobre navegação:

Romero, Silva e Kiouran, citaram em 2005 que durante as aventuras transoceânicas, os homens do mar alimentavam-se de carne de charque bovina ou de porco, com pão e rum, não havendo em sua dieta frutas e verduras. Dentro deste contexto surgia o escorbuto comprometendo as articulações e provocando inflamações das gengivas, perdas dos dentes e hemorragias causadas pelo rompimento das paredes dos vasos sanguíneos. O sistema imunológico deteriorava-se e o indivíduo morria, não era incomum perder grande parte da tripulação numa jornada marítima.

A identificação da estrutura da vitamina C e seu isolamento constitui, na química moderna, um grande desafio. Em momentos distintos com o mesmo objetivo de identificar a substância na época conhecida como "fator antiescorbuto",

foram envolvidos vários pesquisadores. Albert Szent-Györgyi, em 1928, isolou a primeira amostra pura de vitamina C da adrenal bovina e em 1935 foi publicado a síntese total da vitamina C pelas contribuições de Glen King, Norman Haworth e Edmund Hirst, (FIORUCCI, SOARES e CAVALHEIRO, 2003).

De acordo com Aranha, Barros e Moura (2000), o isolamento da vitamina C em forma cristalina pura foi conseguido independentemente por dois grupos de pesquisadores em 1933. A estrutura química foi identificada e o produto sintetizado sob a forma fisiologicamente ativa pouco depois. Em 1938 o ácido ascórbico foi oficialmente aceito como nome químico da vitamina C.

Dentro das diversas áreas da saúde, os estudos têm apontado que o ácido ascórbico fortalece o sistema imunológico, aumentando a resistência às infecções, gripes e resfriados; por uma via complementar e ajudando a evitar anemia favorecendo a absorção do ferro, e por possuir um caráter antioxidante retardar o envelhecimento de células cardíacas. O ácido ascórbico está presente em hortaliças.

Segundo Manarini (2013), o sabor ácido que algumas hortaliças verde escuras podem apresentar, está diretamente ligada ao alto teor de vitamina C, sabendo-se que essas hortaliças também apresentam alto teor de vitamina B9 ou folato, essa parceria promovida pela natureza (ácido fólico e ácido ascórbico) promove a diminuição da velocidade de degradação do folato – presente nestes vegetais verdes. Existe uma previsão de perdas de 70% do total de ácido fólico durante o aquecimento prolongado; para prevenir essa perda e melhorar seu aproveitamento, as hortaliças devem ser consumidas preparadas no vapor.

Aos legumes e outros alimentos processados são acrescidos de vitamina C, para que mantenham sua coloração e sabor. O ácido ascórbico ajuda a manter a cor vermelha da carne defumada, como o toucinho (MARCUS e COULSTON, 1991), e previne a formação de nitrosaminas a partir do nitrito de sódio, usado como inibidor do crescimento de microrganismos em carnes (SNYDER, 1995).

Existe um nível de saturação de vitamina C no organismo que é quantificada em 100mg por dia, podendo a mesma apresentar variações de acordo com o metabolismo e necessidades especiais tais como: aumento da atividade física, amamentação, gravidez, tabagismo, sendo que em todas as

situações citadas as recomendações encontram-se aumentadas , ou seja acima de 100mg/dia (SCHECTMAN, G, 1993).

Há duas formas de vitamina C: a oxidada (ácido deidroascórbico) e a reduzida, esta última encontra-se muito mais difundida na natureza ou nos alimentos naturais do que a primeira e são encontradas igualmente ativas na natureza.

Em 1995 Welch et al. afirmaram que a transformação do ácido ascórbico em ácido deidroascórbico ocorre normalmente no interior do organismo e é reversível, permitindo que uma de suas substâncias possa sempre ser transformada na outra. Essa capacidade de transformação funciona, pois tem a capacidade de transportar hidrogênio no interior da célula nos processos de respiração celular podendo ser considerado como um eficiente sistema oxidorreduzidor. Quanto ao amplamente conhecido poder anti-oxidante do AA, que é importantíssimo na cicatrização de ferimentos e fundamental na síntese de colágeno, age como co-fator para as enzimas lisil e propil hidroxilases, estimula a transcrição dos genes do colágeno. Dessa forma é usado para clarear a cútis, pois inibi a tirosinase. A figura 1 mostra a estrutura em tripla hélice do colágeno, o que o torna muito resistente.

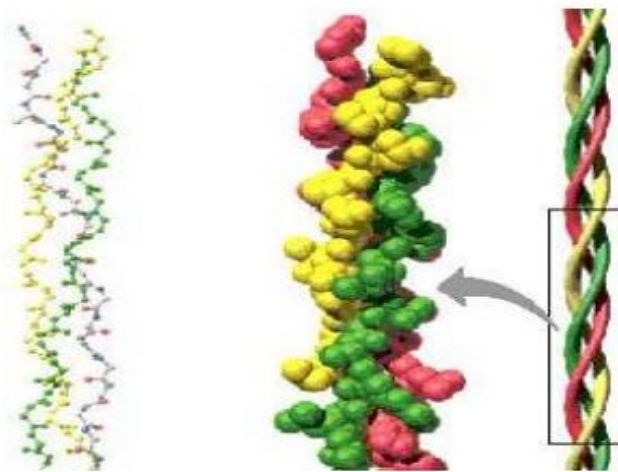


FIGURA 1: Estrutura helicoidal do colágeno : a) cadeia de aminoácido, b) tripla fita , c) forma helicoidal

fonte: Colodel, Acesso em 20/04/2015

Conforme Phillips, Combs e Pinnel (1994), outras atribuições consideram a vitamina C como a proteção das enzimas contra a auto-inativação, uma vez que atua na prevenção da oxidação do ferro no papel de co-fator. Exemplos desta manutenção da integridade enzimática são as enzimas lisil e propil hidroxilase xidase, o que permite a formação de uma trama colágena normal e madura.

Essa importante atuação como co-fator também foi demonstrada pela regulação da síntese de colágeno tipo I e tipo III pelos fibroblastos dérmicos nos humanos, (WELCH et al, 1995).

Quanto à sua concentração estimada nos alimentos, ela pode ser afetada por diversos fatores tais como: estação do ano, transporte, estágio de maturação, tempo de armazenamento e modo de cocção.

Destaca-se que produtos de origem animal contém pouca vitamina C, e os grãos não a possuem, sendo assim, as fontes mais comuns de AA são vegetais, frutas e legumes.

O ácido ascórbico está presente nas frutas cítricas, nos tomates, nos melões, nos morangos, na goiaba, entre outros alimentos. É um antioxidante que reage diretamente não apenas com superóxido e radical hidroxila, mas também com radical tocoferoxil, resultando na regeneração da vitamina E (CHAO et al, 2002; KRAUSE; MAHAN, 2005).

Ou seja, além de suas propriedades antioxidantes, ele reage com outras vitaminas auxiliando inclusive na sua regeneração. Uma ênfase no tocante à necessidade do aumento de sua demanda nos processos de atuação antioxidante está na necessidade aumentada da oferta para tabagistas principalmente os consumidores diários e com consumo superior a 1 unidade por dia.

A "captura" de radicais livres também é uma grande importância do ácido ascórbico, pois atua na remoção do radical hidroxila que em particular é um agente agressor que também exerce atividade no transporte de elétrons nas células. Facilita a absorção do mineral ferro provavelmente por mantê-lo na forma reduzida pelo fato de ser um redutor, (DAVIES, AUSTIN e PARTRIDGE, 1991).

Atualmente alguns autores sugerem que o ácido ascórbico tem efeito anti-inflamatório e está associado à minimização dos efeitos da disfunção endotélio (camada interna dos vasos sanguíneos em seres humanos) com histórico de doenças cardiovasculares ou diabetes (WANNAMETHEE et al, 2006).

O AA é empregado como um auxiliar em tratamentos clínicos em combinações de vitamina C, E e com β -caroteno. Deve-se considerar que a suplementação combinada de β -caroteno (15mg/dia), vitamina C (50mg/dia) e vitamina E (400mg/dia) por seis semanas pode ser usada como uma tentativa clínica nas alterações de colesterol, triglicerídeos séricos e de fumantes, evitando-se assim o estresse oxidativo e o dano celular (CHAO et al. 2002).

Dessa forma, a vitamina C que atua como um importante catalisador, acaba sendo necessária à sua administração através de complementos ou suplementos nos casos onde a alimentação natural não seja possível.

O AA está envolvido no desenvolvimento do sistema muscular, nos processos regenerativos da pele, ossos e dentes, produção hormonal, inclusive de hormônios que desempenham papel importante na regulação e manutenção da temperatura corpórea que é exigida nos animais homeotermos. Portanto, sua carência aumenta a predisposição e a incidência de doenças graves de caráter agudo ou crônico, como por exemplo, o escorbuto (TILLMAN, 2009).

Se a vitamina C for inadvertidamente consumida em doses excessivas, pode provocar efeitos colaterais, tais como: litíase (formação de pedras) renal fundamentalmente em pessoas que possuam predisposição genética, diarreias de caráter metabólico e consequente dor abdominal. A necessidade diária de vitamina C de 100mg também varia conforme idade e condições de saúde, sempre sendo recomendada a ingestão de alimentos frescos (DAVIES, AUSTIN e PARTRIDGE, 1991).

O ácido ascórbico é a vitamina mais comprometida pelo processamento, armazenamento e transporte de frutas e vegetais, por isso a integridade da mesma é usada frequentemente como indicativo da qualidade nutricional e até mesmo de boa conservação dos alimentos. Também não pode ser descartada a diminuição do teor de vitamina C no alimento quando interagindo com outro. Fatores que levam à destruição da vitamina C, por exemplo, é a presença de

lumiflavina, produto de degradação da riboflavina (vitamina B2), que pode ser induzida pela presença de aminas (reações de escurecimento) ou ainda pela presença de enzimas como a ácido ascórbico oxidase, (PEREZ et al, 1997).

O papel antioxidante da vitamina C também está presente na indústria, sendo usada na antioxição de aromatizantes e gorduras em geral, na manutenção das texturas das massas alimentícias e no processo da cura de carnes (LEE, J.S.et al, 2004).

Há alguns anos, com a proibição do uso de bromato de potássio na indústria de panificação, a vitamina C também adquiriu um papel importante para melhorar a textura das massas. A utilização crescente do ácido ascórbico ocorre devido ao seu valor nutricional, e também pela maior acessibilidade de preços, com a entrada de vitamina C sintética pelas indústrias chinesas no mercado (LU e SEIB, 1998).

O ácido ascórbico reage com o oxigênio em alimentos e, por isso, ocorre a necessidade dessa prevenção. Outras atribuições da vitamina C, tais como aditivo nutricional em bebidas, refrigerantes, enlatados, cereais matinais são muito comuns. Sua manufatura é feita em larga escala. Um exemplo é a grande quantidade de produção pela Roche Products, em Dairy, na Escócia.

2.1.1 Vitamina C: Quantificação, degradação

As pesquisas envolvendo vitaminas estão direcionadas, em maior parte, aos aspectos médicos e nutricionais, sendo que as perdas da vitamina nos processos industriais ainda requerem maiores estudos .

A análise da vitamina C nos produtos não ocorre apenas para manter a integridade do mesmo ou para garantir a nutrição, mas também para assegurar a legislação vigente no sentido de garantir-se as quantidades estipuladas na forma da lei. (ABRANCHE et al, 2008).

Assim, em decorrência desses fatores, a indústria farmacêutica e a alimentícia precisam quantificar e empregar a vitamina C em seus produtos.

A determinação do conteúdo de ácido ascórbico em vegetais é muito importante, pois, além de seu papel fundamental na nutrição humana, a sua

degradação pode favorecer o escurecimento não enzimático e causar aparecimento de sabor estranho.

A titulação é uma técnica analítica clássica para quantificação do ácido ascórbico; ela ainda representa um método muito útil para auxiliar nos estudos de equilíbrios químicos, como o ácido-base, pois permite observar o comportamento das substâncias em diferentes concentrações, na presença de outras, (OLIVEIRA, 2010).

No que concerne as perdas de nutrientes, Fennema, (1993) cita que as principais causas de perda de nutrientes nos alimentos são: a lixiviação, oxidação, moagem e cocção. No processo de extração e produção dos sucos, assim como no envase e estocagem, também ocorrem perdas de nutrientes, contemplando a oxidação da vitamina C que necessitam ser analisadas.

Fatores relacionados à constituição do suco cítrico; à influência da luz de grande intensidade; à presença do oxigênio e condições de armazenamento, logística de transporte e comercialização destes sucos, poderão aumentar sobremaneira a degradação do ácido ascórbico. Alguns autores relatam perdas do ácido ascórbico durante o processamento térmico de sucos de frutas, seja na concentração, pasteurização ou esterilização. (FARNWORTH et al, 2001)

Os processos de lavagem que ocorrem na produção de sucos cítricos podem levar à degradação não só da vitamina C, mas de outras vitaminas hidrossolúveis. Cozimento em água e branqueamento são técnicas usadas na indústria alimentícia, onde ocorre perda dessas vitaminas em água e que poderiam ser aproveitadas por adição em outros alimentos por simples transferência para reduzir desperdícios e incrementar o teor vitamínico do produto processado. O branqueamento é utilizado em algumas formas de esterilização industrial, assim como o cozimento, a pasteurização, a desidratação e o congelamento podem levar à oxidação química e/ou degradação térmica da vitamina C. De acordo com Fernandes et al, (2007) a vitamina C pode ser degradada pela presença de alcalinidade, danos físicos e baixa umidade relativa. A reação de Maillard, técnica utilizada na indústria de alimentos também é responsável por parte da degradação da vitamina. O escurecimento não enzimático ou reação de Maillard, dá ao produto uma intensa cor escura. Tais

reações em alimentos, associam-se ao aquecimento e armazenamento e podem ser divididas em três mecanismos: o Maillard, a caramelização e a oxidação da vitamina C.

Em geral, a degradação térmica do ácido L-ascórbico para ácido L deidroascórbico e para ácido 2,3-dicetogulônico, pode levar à formação do dióxido de carbono, furfural e muitos outros compostos, como os que ocorrem nas reações de Maillard ou de escurecimento não-enzimático (ROJAS e GERSCHENSON,1997).

As perdas de vitamina C provenientes da lixiviação variam entre 13 e 50%. Como exemplo, pode-se citar o espinafre que é o alimento mais atingido (Tabela 1).

O branqueamento em água é a técnica que oferece uma maior degradação de vitamina C, exceto para aspargo que apresentou 15% quer seja no branqueamento a vapor ou em água, A tabela 1 fornece as perdas de vitamina C por branqueamento para seis vegetais.

Tabela 1: Perdas de vitamina C durante o branqueamento de vegetais. DAVIDEK et al. (1990).

Vegetais	Método de branqueamento	Tempo de branqueamento (min)	Perdas no branqueamento (%)
Espinafre	Água quente	1	35 - 50
Ervilhas	Água quente	-	18 - 25
Repolho vermelho	Água quente	4	25
Repolho vermelho	Vapor	4,5	13
Repolho vermelho	Vapor	5	21
Couve-flor	Água quente	4	25
Couve-flor	Vapor	4,5	19
Brócolis	Água quente	4	43
Brócolis	Vapor	5	21
Aspargo	Água quente	3	15
Aspargo	Vapor	4	15

2.2 Misturadores e agitadores

Na indústria alimentícia são usados misturadores e agitadores na produção de alimentos. Misturadores são equipamentos que promovem a combinação de vários componentes ou de um componente com propriedades diferentes. Agitadores são unidades que propiciam um movimento induzido de um material, em geral circulatório (MORAES, MORAES, 2011). Existem misturadores e agitadores para substâncias pouco viscosas, de muita viscosidade, e de alimentos sólidos. A figura 2 apresenta alguns tipos de misturadores industriais e seus respectivos impulsores para componentes com viscosidade abaixo de 5 centipoises (Cp) (a viscosidade da água a 20°C é de 1 cP).

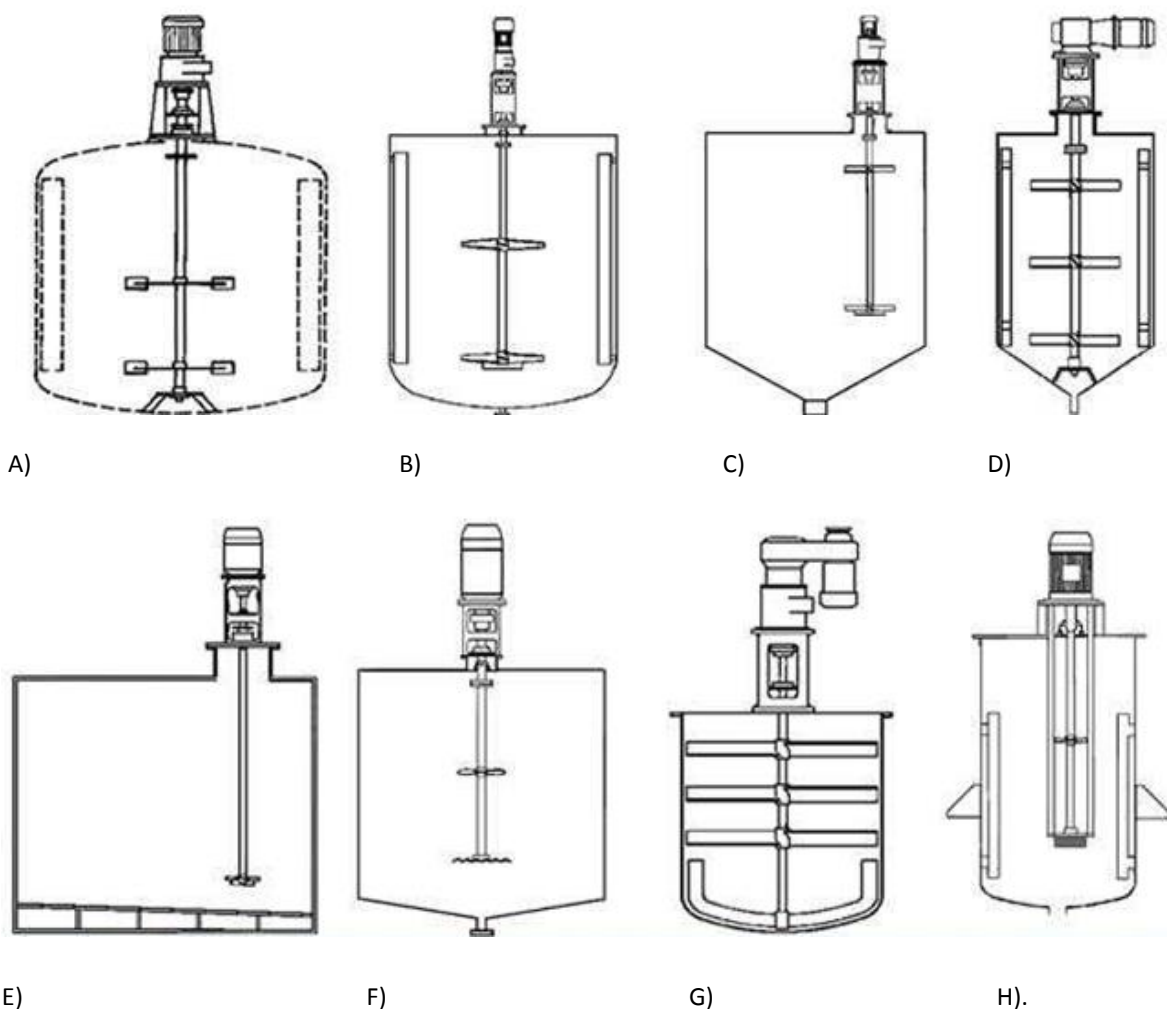


FIGURA 2: Modelos de misturadores e agitadores para fluidos de baixa viscosidade : A) Impulsores de duplas pás em extremidade planas; B) Impulsores de duplas pás planas; C) Impulsores de dupla ; D) Impulsores de triplas pás; E) Impulsores de pá única em

extremidade lateral; F) Impulsores de pás duplas com impulsores planos.; G) Impulsores com pás mistas; H) Impulsores com pá vertical

Fonte: Bragante, (2015).

A eficiência da mistura depende do tipo de impulsor empregado e dos componentes acoplados a ele, para que se tenha uma homogeneização das substâncias presentes; portanto, para cada mistura a ser efetuada existe um modelo de tanque com impulsor adequado à operação.

Os misturadores para o processamento dos diversos tipos de alimentos podem ser dotados de hélice ao invés de pás planas. A figura 3, referencia tipos de hélices utilizadas para misturas pouco viscosas.

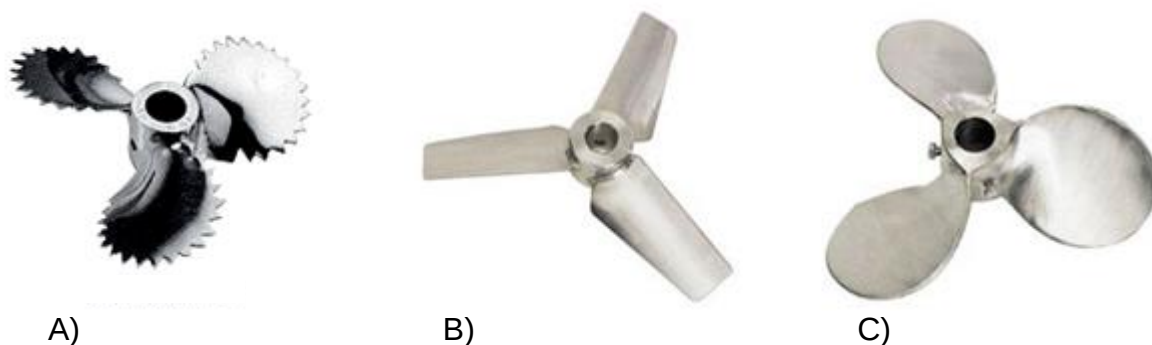


FIGURA 3: Impulsores tipo hélice para mistura pouco viscosa: A) Hélice serrilhada ;B) Hélice inclinada; C) Hélice oval inclinada

Fonte: Bragante, (2015)

Os tanques com impulsores mecânicos são usados com a finalidade de misturar, homogeneizar, promover turbulência e dissolver soluções aquosas com ou sem sólidos suspensos na mistura (MORAES, MORAES, 2011).

O ácido ascórbico no que tange à sua oxidação em embalagens não submetidas ao processo de agitação em hélice ou outros quaisquer foi estudado por Lopes, Martins e Carvalho (1997).

2.3 Tanque de Rushton

O tanque tipo Rushton utiliza hélices, pás inclinadas e turbinas de disco (Figura. 4) para agitação e mistura de fluidos.

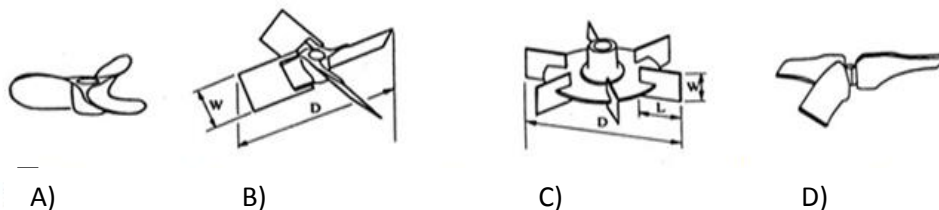


FIGURA 4: Impulsos tipo hélice :A) Hélice, B) Pás inclinadas, C)Turbina de disco de Rushton, D)Impulsor de 3 pás inclinadas

Fonte: Ortega (p.14, 2015).

São utilizados na dispersão de gases em líquidos, na dispersão de sólidos, na mistura de fluidos imiscíveis, e na transferência de calor distribuem a energia de maneira uniforme.O padrão de escoamento é misto pois ocorre forças radiais e axiais (Ortega, 2015).

As chicanas são anteparos no interior do tanque que evitam a formação de vórtice (MORAES, 2010) – que é a ação da força centrífuga agindo no fluido, onde nem todo material é movimentado e desta forma melhoram o rendimento do processo,distribuindo a força de atuação conforme mostra a figura 5

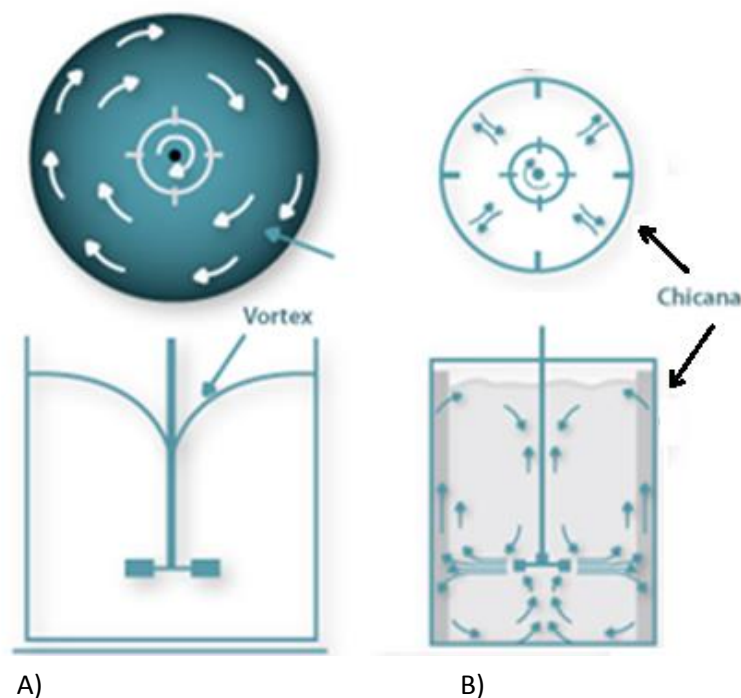


FIGURA 5: Esquema de um tanque com e sem chicana: A) vista do topo e perfil sem chicanas , B) vista do topo e perfil com chicanas
 Fonte: Moraes et al.,(2010).

Existem fatores que influenciam na mistura, além da geometria do tanque como viscosidade, densidade e miscibilidade - para fluidos – e tamanho, densidade, forma, rugosidade e molhabilidade – para sólidos. Deve-se escolher o impulsor (impelidor ou agitador) ideal para cada tipo de agitação, pois é com ele que a mistura ou dispersão é gerada. Rushton, Costich e Everett (1950) apud (MORAES et al. 2010), definiram um padrão de geometria para tanques com quatro chicanas e um impelidor radial de 6 pás planas. A Figura 6 indica as relações geométricas de Rushton, em que D_t é o diâmetro interno do tanque; D_a é o diâmetro do impulsor; E é a distância do impulsor até o fundo do tanque; L a largura da pá (para turbina com seis pás planas); W é a altura das pás; J é a largura das chicanas e H é a altura do líquido no tanque.

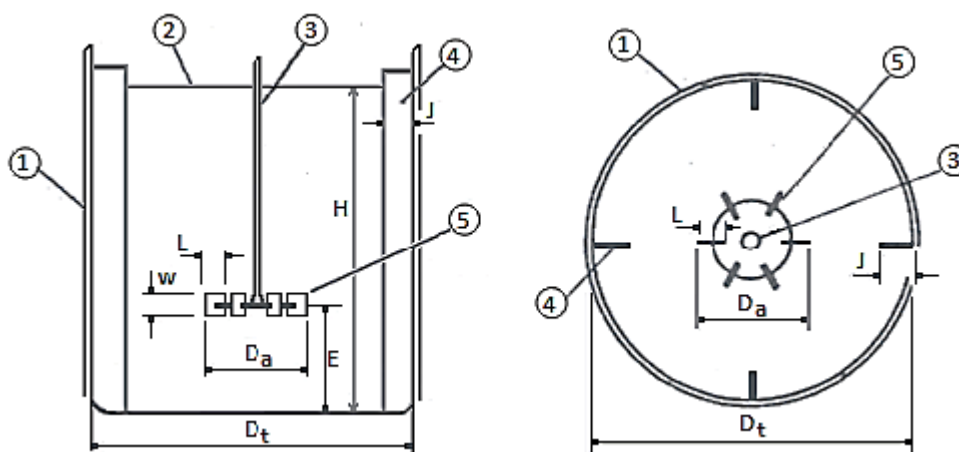


FIGURA 6: Padrão de geometrias feitas por Rushton.

1) parede do tanque; 2) nível do líquido; 3) eixo; 4) chicana, chapa vertical para evitar o vórtice ("redemoinho", mistura ineficiente); 5) Impulsor ou impelidor tipo turbina de seis pás planas. $S_1 = D_t/D_a = 3$; $S_2 = E/D_a = 1$; $S_3 = L/D_a = 1/4$; $S_4 = W/D_a = 1/5$; $S_5 = J/D_t = 0,1$ e $S_6 = H/D_t = 1$. (MORAES, MORAES 2011).

2.4 Método anteriormente empregado

Em estudos realizados em tanques com impulsores mecânicos com geometria de Rushton por Moraes et al. em 2010 a concentração de vitamina C foi obtida pelo método iodométrico. Foi preparada uma solução de 0,1N na qual a massa de 12,75g de iodo foi diluída em uma mistura de 36g de iodeto de potássio em um litro de água. Verificou-se o método dissolvendo-se um comprimido efervescente de Cebion®, 1g em 100 ml de água destilada usando um bequer com um vidro de relógio em cima para diminuir o contato com ar e retardar a oxidação. Neste mesmo bequer foram adicionadas algumas gotas de solução de amido a 1%, indicador da oxidação do ácido ascórbico com o iodo.

Esse indicador foi preparado com uma pequena elevação de temperatura para se dissolver completamente o amido na água. O agente titulante foi a solução de iodo e a solução a titular, a que continha o ácido ascórbico, (MORAES et al., 2010).

Com o volume gasto da solução de iodo de 117 ml obteve-se a massa (m) de ácido de 1000 mg pela expressão $m/Eq = N.V$, em que, Eq é o equivalente grama do ácido ascórbico, 88,06 mg/mmol, N é a normalidade da solução de iodo

(0,1N) e V é o volume usado para titulação do ácido. Com o método de titulação com solução de estruturado, iniciaram-se os estudos da oxidação em tanque com as relações geométricas fixadas inicialmente por Rushton (McCABE et al., 2005).

Foi colocado um comprimido de Cebion® 1g em um bequer com 4 chicanas. Adicionou-se água destilada até a altura do líquido se igualar ao diâmetro do bequer (1,7L, relação de Rushton). O estudo foi relevante no que concerne a comprovação da influência da turbulência na oxidação do ácido ascórbico conferindo uma maior perda de massa quanto maior a turbulência. O trabalho não contemplou a análise da variação do grau de oxidação em função do tipo de impulsor e resposta ao emprego das chicanas. A técnica de análise supracitada foi desenvolvida pelos autores que não adotaram métodos de institutos renomados.

3. - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

A bancada experimental utilizada no presente estudo foi desenvolvida e montada no Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Santa Cecília e pode ser visualizados na Figura 7. As figuras de 8 a 22 apresentam o material de bancada e analítico empregados no experimento.

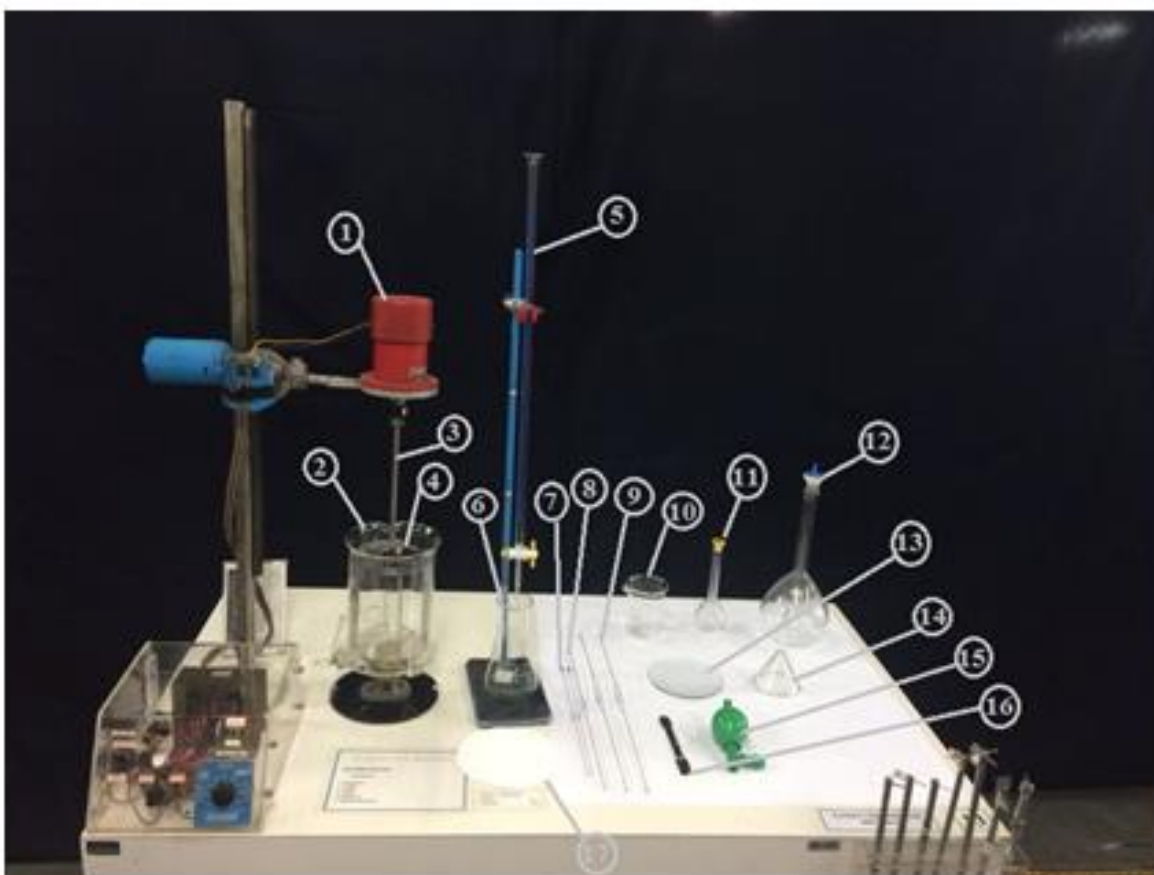


Figura 7: Bancada experimental

1) Motor de rotação variável; 2) Tanque com volume útil de 1500 mL; 3) Impulsor de 4 pás inclinadas; 4) Chicanas; 5) Bureta de 25mL; 6) Erlenmeyer de 300 mL; 7) Pipeta de 1 mL; 8) Pipeta de 5 mL; 9) Pipeta de 10 mL; 10) Béquer de 250 mL; 11) Balão volumétrico de 100 mL; 12) Balão volumétrico de 1000 mL; 13) Vidro de relógio; 14) Funil de vidro; 15) Pera de três vias; 16) Espátula e 17) Papel de filtro.

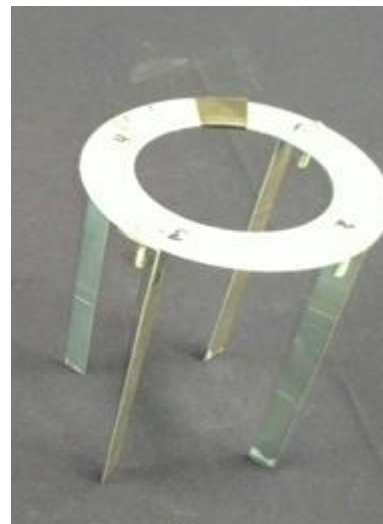
As figuras de 8 A, B e C são destacadas para maior visualização e fazem parte tanto do material de bancada As figuras de D até J fazem parte do material analítico



A)



B)



C)



D)



E)



F)



G)



H)



I)



J)

Figuras de 8 a 24 A) Turbina com 6 pás planas; B) Impedidor com 4 pás inclinadas a 45° ; C) Chicana ; D) Fármaco; E) Solução de amido; F) Ácido Sulfúrico G) Iodeto de Potássio H) Iodato de Potássio ; I) Água destilada; J) Cápsulas de vitamina C pura

3.2 Método

A massa de ácido ascórbico foi quantificada por análise iodométrica, segundo o método do Instituto Adolfo Lutz conforme descrição a seguir.

Foi separada uma amostra de 5 gramas de iodato de potássio em pó sobre um vidro relógio. A amostra foi pesada com o auxílio de uma balança de precisão. O iodato de potássio foi colocado dentro de uma estufa a 110°C , por uma hora para secagem. Após a secagem, a amostra foi colocada em um dessecador para que esfriasse.

A amostra fria de iodato de potássio foi novamente pesada chegando-se a uma massa de 3,57 gramas. A nova amostra foi utilizada para a preparação da solução de iodato, colocada dentro de um balão volumétrico de 1 litro e diluída. Após a preparação da solução de 0,1N, foram retirados 10 ml e transferidos para um balão de 100 ml, para a preparação da solução de 0,01N, que foi utilizada para a titulação.

Terminada a preparação da solução de iodato de potássio, iniciou-se a preparação da solução de Cebion®. Uma pastilha do mesmo foi quebrada com auxílio das mãos (com luvas de látex) sobre um funil e inserida em um balão volumétrico de 1L. A pastilha foi solubilizada e o balão completado com água destilada.

Da solução de 1L de Cebion®, (laboratório Merck, lote c 140333 , fabricação 02/14 e validade 01/16) foi extraída uma amostra de 10mL e separada. O restante foi adicionado ao tanque de 1,5L com o impulsor mecânico para o início da agitação.

A amostra de 10mL foi colocada em um erlenmeyer para o primeiro teste, chamado de hora zero, antes da agitação ser iniciada. No erlenmeyer foi adicionada uma pequena quantidade de água destilada, em seguida foram adicionados 10mL de ácido sulfúrico 20%, 1mL de iodeto de potássio, 1mL de

amido e agitado. Estando pronta ambas soluções para testes, foi utilizada a bureta contendo 20mL da solução de iodato de potássio.

Os experimentos foram realizados na Universidade Santa Cecília na Cidade de Santos , portanto a pressão de 960 mmHg com temperatura constante entre 20 e 21 graus celsius

As Figuras 9a, 9b e 9c ilustram as sequências no método iodométrico utilizado no trabalho.

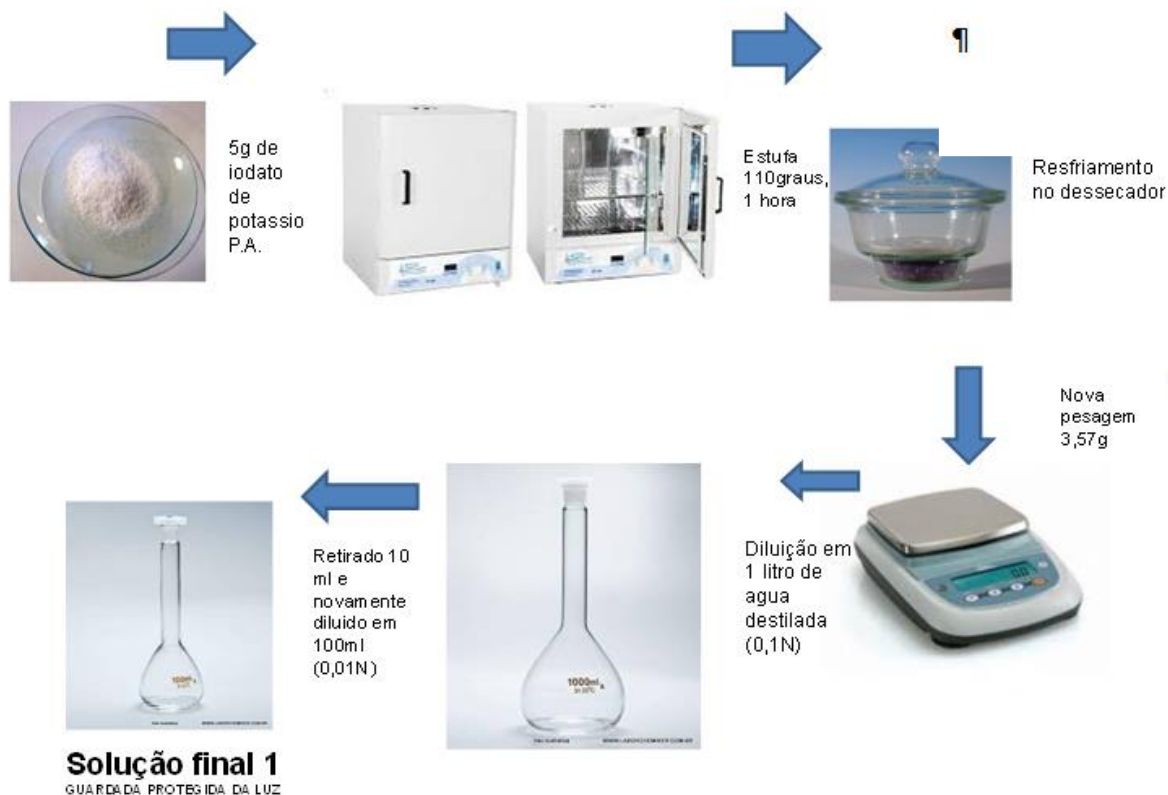


FIGURA 9a: Sequência da preparação da solução de iodato de potássio

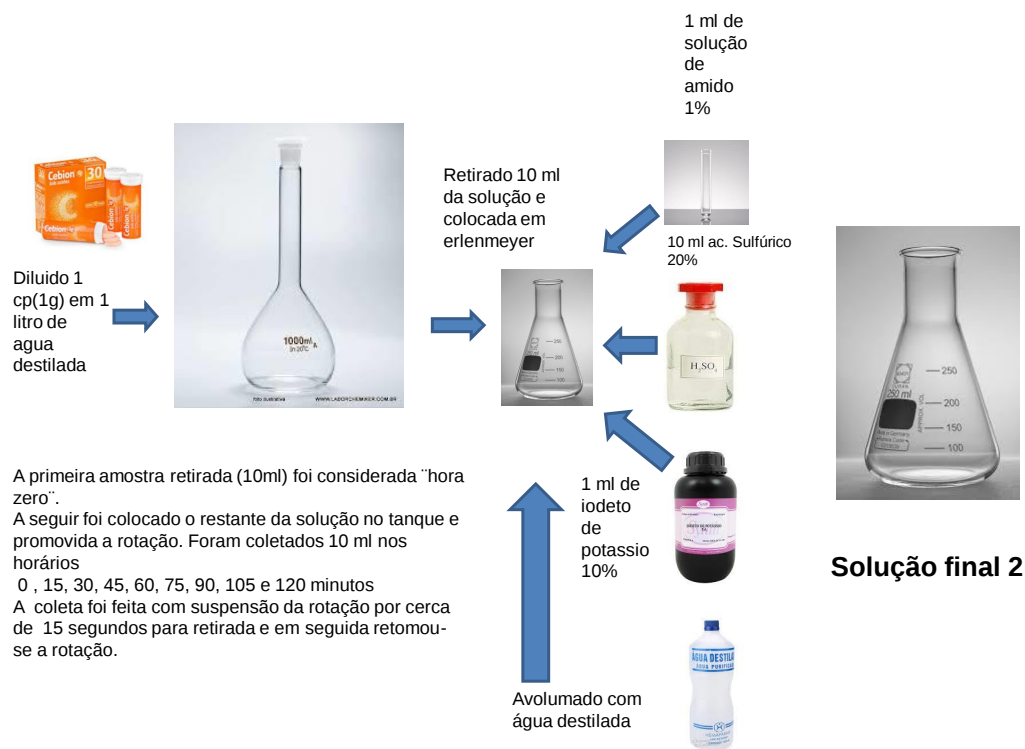


FIGURA 9b: Sequência da preparação da solução de iodeto de potássio



FIGURA 9c: Determinação de perda de massa

Da mesma forma que foi quantificada a massa de Cebion® utilizou-se vitamina C pura. Utilizou-se a própria massa contida em cápsulas de 1 grama. A pesagem do ácido L-ascórbico puro foi realizada após retirada do conteúdo em cápsulas de celulose.

Para os cálculos da normalidade foram utilizadas as equações (1) e (2).

$$N_{\text{ácido}} \times V_{\text{ácido}} = N_{\text{iodato}} \times V_{\text{iodato}} \quad (1)$$

$$N_{\text{ácido}} = \frac{m_{\text{ácido}}}{\text{Eqg}_{\text{ácido}} \times V_{\text{O ácido}}(\text{L})} \quad (2)$$

sendo:

N a normalidade do Ácido ascórbico, (E/L);

V o volume do componente, (L);

m a massa do componente, (g);

Eqg o equivalente-grama do componente, (g/E).

O processo de extração de 10mL de amostra para teste foi efetuado em tempo 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 minutos

Os cálculos utilizados para obtenção dos resultados e tabulação dos gráficos estão a seguir:

O equivalente grama do iodato foi determinado pela equação:

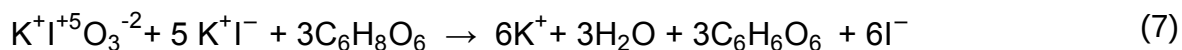
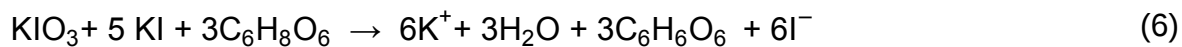
$$\text{Eqg} = \frac{\text{MM}}{X} \quad (3)$$

Sendo:

MM a massa molar da amostra (g/mol);

X é o valor do "Nox" do tipo de componente analisado.

O método cita o iodato de potássio com normalidade 0,1N, para um litro de água; sua massa molar é de 214g/mol, e como oxidante, a reação global (reação de numero 5)desenvolvida a seguir apresenta a variação do "Nox" nas moléculas indicadas. (Equações 4 a 8).



$$\text{X} = \text{Nox}_i - \text{Nox}_f = 5 - (-1) = 6 \quad (8)$$

Portanto:

$$\text{Eqg} = \frac{214}{6} = 35,67 \text{ equivalentes-grama} \quad (9)$$

O valor do equivalente grama do ácido ascórbico que possui massa molar é de 176,09g/mol, e 2 íons H^+ ionizáveis empregado nos cálculos foi calculado pela Equação 10

$$\text{Eqg} = \frac{176,09}{2} = 88,05 \text{ equivalentes-gramas} \quad (10)$$

Procedimentos experimentais: Fixou-se a rotação (0, 200, 400 e 600 rpm) do impulsor do tipo turbina de quatro pás inclinadas, coletaram-se amostras de 10mL da mistura homogeneizada do terço inferior do tanque antes de se iniciar o processo de rotação em 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 minutos, após o início da rotação. A cada coleta realizada era paralisada a rotação por 15 segundos para que houvesse a retirada da mistura com menor risco de quebra de material.

O mesmo método foi utilizado para o estudo com a vitamina C pura ou ácido L ascórbico puro.

Após a retirada dos 10 ml de solução de vitamina C a mesma era adicionada ao ácido sulfúrico a 20% , iodeto de potássio 10% marcador amido e

recebia o gotejamento da solução de iodato de potássio, gota a gota, lento até o ponto de viragem quando conseguia-se a coloração azul clara que persistia por um período de 20 segundos. Neste momento foi quantificada a massa de vitamina C total que reagia com o iodato e os dados eram adicionados à tabela. A retirada dos 10 ml de solução era retirada com 1, 5 e 15 minutos a fim de se avaliar a linearidade ou não da perda de massa ao longo do tempo.

4. - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

As tabelas numeradas de 2 até 28 e as Figuras 9 e 10 fornecem os resultados obtidos no presente estudo.

O Apêndice A fornece um exemplo dos cálculos realizados para obtenção da massa de vitamina C em gramas, perdas em gramas, porcentagem de perda em quinze em quinze minutos e a porcentagem de perda total.

Na elaboração da tabela foi colocado em sua parte superior a apresentação da vitamina C estudado em questão : se farmaco ou em sua forma pura, destacou-se a rotação empregada presença ou não de internos , tipo de impelidor, solução e sua normalidade e a diluição aplicada (1,5L)

Em cada um dos experimentos foram coletadas amostras em triplicata respectivamente com 1, 5 e 15 minutos de agitação. Tal procedimento foi executado para se avaliar o grau de linearidade da perda de massa do ácido ascórbico em cada tempo. Transcreveu-se, para a tabela, em cada tempo colhido, a massa em gramas de vitamina C da bureta (gotejante) e do erlenmeyer(gotejado) mostrando-se a perda de massa total de vitamina C em cada momento percentualmente.

O trabalho realizado envolveu mais de 120 horas de experimento.

Tabela 3: Ensaio Cebion®, rotação 200 rpm, sem chicanas, 4 pás inclinadas

02º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
200 rpm	Sem Chicana		4 Pás inclinadas a 45°		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			%
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	% perda
0	7,2	7,2	7,2	0,006589	0,988416	0	0	0	0
15	7,2	7,2	7,3	0,006589	0,988416	0	0	0	-
30	7,2	7,2	7,1	0,006589	0,988416	0	0	0	-
45	7,1	7,1	7,2	0,006498	0,974688	0,000915	0,004576	0,013728	1,39
60	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
75	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
90	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
105	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
120	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
Total						0,000114	0,000572	0,001716	1,39
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,013728

Tabela 4: Ensaio com Cebion®, 200 rpm, com chicana, 4 pás inclinadas

3º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
200 rpm	Com Chicana		4 Pás inclinadas a 45°		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7	7	7	0,006406	0,96096	0	0	0	0
15	6,8	6,7	6,8	0,006132	0,919776	0,002746	0,013728	0,041184	4,29
30	6,8	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0	0	0	-
45	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0	0	0	-
60	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0	0	0	-
75	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0	0	0	-
90	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0	0	0	-
105	6,6	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0,000915	0,004576	0,013728	1,49
120	6,7	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0	0	0	-
Total						0,000458	0,002288	0,054912	5,71
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,054912

Tabela 5: Ensaio com Cebion®, 200 rpm sem chicanas, 6 pás planas

4º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
200 rpm	Sem Chicana		Turbina com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			%
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	% perda
0	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	0
15	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
30	7	7	7	0,006406	0,96096	0,000915	0,004576	0,013728	1,41
45	6,8	6,7	6,8	0,006132	0,919776	0,002746	0,013728	0,041184	4,29
60	6,6	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0,000915	0,004576	0,013728	1,49
75	6,4	6,4	6,4	0,005857	0,878592	0,00183	0,009152	0,027456	3,03
90	6,3	6,4	6,3	0,005857	0,878592	0	0	0	-
105	6	6	6	0,005491	0,82368	0,003661	0,018304	0,054912	6,25
120	5,8	5,8	5,8	0,005308	0,796224	0,00183	0,009152	0,027456	3,33
Total						0,001487	0,007436	0,178464	18,31
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,178464

Tabela 6: Ensaio com Cebion® 200 rpm, com chicana, 6 pás retas.

5º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
200 rpm	Com Chicana		Turbina com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7,5	7,4	7,4	0,006772	1,015872	0	0	0	0
15	7,1	7,1	7,3	0,006498	0,974688	0,002746	0,013728	0,041184	4,05
30	7	7	7	0,006406	0,96096	0,000915	0,004576	0,013728	1,41
45	6,8	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0,002746	0,013728	0,041184	4,29
60	6,6	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0,000915	0,004576	0,013728	1,49
75	6,5	6,5	6,5	0,005949	0,89232	0,000915	0,004576	0,013728	1,52
90	6,3	6,2	6,2	0,005674	0,851136	0,002746	0,013728	0,041184	4,62
105	6	6	6	0,005491	0,82368	0,00183	0,009152	0,027456	3,23
120	6	6	5,9	0,005491	0,82368	0	0	0	-
Total						0,001602	0,008008	0,192192	18,92
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,192192

Tabela 7: Ensaio com Cebion®, 400 rpm, sem chicanas, 4 pás inclinadas

6º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
400 rpm	Sem Chicana		4 Pás inclinadas a 45°		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	8	8	8	0,007322	1,09824	0	0	0	0
15	8	8	8	0,007322	1,09824	0	0	0	-
30	8	7,9	7,8	0,00723	1,084512	0,000915	0,004576	0,013728	1,25
45	7,8	7,7	7,7	0,007047	1,057056	0,00183	0,009152	0,027456	2,53
60	7,7	7,7	7,7	0,007047	1,057056	0	0	0	-
75	7,6	7,6	7,6	0,006956	1,043328	0,000915	0,004576	0,013728	1,30
90	7,6	7,6	7,6	0,006956	1,043328	0	0	0	-
105	7,6	7,6	7,6	0,006956	1,043328	0	0	0	-
120	7,6	7,6	7,6	0,006956	1,043328	0	0	0	-
Total						0,000458	0,002288	0,006864	5,00
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,054912

Tabela 8: Ensaio com Cebion®, 400 rpm, com chicanas, 4 pás inclinadas

7º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
400 rpm	Com Chicana		4 Pás inclinadas a 45°		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			%
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	% perda
0	7,4	7,4	7,2	0,006772	1,015872	0	0	0	0
15	7,3	7,3	7,4	0,006681	1,002144	0,000915	0,004576	0,013728	1,35
30	7,2	7,2	7,1	0,006589	0,988416	0,000915	0,004576	0,013728	1,37
45	7,2	7,2	7,3	0,006589	0,988416	0	0	0	-
60	7,2	7,2	7,2	0,006589	0,988416	0	0	0	-
75	7,2	7,2	7,2	0,006589	0,988416	0	0	0	-
90	7,2	7,2	7,2	0,006589	0,988416	0	0	0	-
105	7,2	7,2	7,2	0,006589	0,988416	0	0	0	-
120	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0,000915	0,004576	0,013728	1,39
Total						0,000343	0,001716	0,041184	4,05
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,041184

Tabela 9: Ensaio com Cebion®, 400 rpm, sem chicanas, 6 pás planas

8º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
400 rpm	Sem Chicana		Turbina . com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7,2	7,2	7,1	0,006589	0,988416	0	0	0	0
15	6,9	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,003661	0,018304	0,054912	5,56
30	6,9	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
45	6,6	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0,00183	0,009152	0,027456	2,94
60	6,5	6,5	6,5	0,005949	0,89232	0,000915	0,004576	0,013728	1,52
75	6,4	6,4	6,3	0,005857	0,878592	0,000915	0,004576	0,013728	1,54
90	6,2	6,2	6,2	0,005674	0,851136	0,00183	0,009152	0,027456	3,13
105	6,1	6,1	6,1	0,005583	0,837408	0,000915	0,004576	0,013728	1,61
120	6,1	5,9	5,9	0,0054	0,809952	0,00183	0,009152	0,027456	3,28
Total						0,001487	0,007436	0,178464	18,06
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,178464

Tabela 10: Ensaio com Cebion®, 400 rpm, com chicana, 6 pás planas

9º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
400 rpm	Com Chicana		Turbina. com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7,3	7,3	7,3	0,006681	1,002144	0	0	0	0
15	7,2	7,2	7,2	0,006589	0,988416	0,000915	0,004576	0,013728	1,37
30	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0,002746	0,013728	0,041184	4,17
45	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,000915	0,004576	0,013728	1,45
60	6,5	6,5	6,5	0,005949	0,89232	0,002746	0,013728	0,041184	4,41
75	6,4	6,4	6,4	0,005857	0,878592	0,000915	0,004576	0,013728	1,54
90	6	6	6	0,005491	0,82368	0,003661	0,018304	0,054912	6,25
105	6	5,9	5,9	0,0054	0,809952	0,000915	0,004576	0,013728	1,67
120	5,7	5,8	5,7	0,005308	0,796224	0,000915	0,004576	0,013728	1,69
Total						0,001716	0,00858	0,20592	20,55
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,20592

Tabela 11: Ensaio com Cebion®, 600 rpm, sem chicanas 4 pás inclinadas

10º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
600 rpm	Sem Chicana		4 Pás inclinadas a 45°		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7,5	7,5	7,5	0,006864	1,0296	0	0	0	0
15	7,5	7,5	7,5	0,006864	1,0296	0	0	0	-
30	7,5	7,5	7,5	0,006864	1,0296	0	0	0	-
45	7,5	7,5	7,5	0,006864	1,0296	0	0	0	-
60	7,5	7,5	7,5	0,006864	1,0296	0	0	0	-
75	7,5	7,5	7,5	0,006864	1,0296	0	0	0	-
90	7,4	7,4	7,4	0,006772	1,015872	0,000915	0,004576	0,013728	1,33
105	7,4	7,4	7,4	0,006772	1,015872	0	0	0	-
120	7,4	7,4	7,4	0,006772	1,015872	0	0	0	-
Total						0,000114	0,000572	0,001716	1,33
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,013728

Tabela 13: Ensaio com Cebion® 600 rpm, sem chicana, 6 pás planas

12º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
600 rpm	Sem Chicana		Turbina. com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7,8	7,7	7,7	0,007047	1,057056	0	0	0	0
15	7,4	7,4	7,4	0,006772	1,015872	0,002746	0,013728	0,041184	3,90
30	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0,002746	0,013728	0,041184	4,05
45	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,002746	0,013728	0,041184	4,23
60	6,3	6,3	6,3	0,005766	0,864864	0,004576	0,02288	0,06864	7,35
75	5,8	5,8	5,8	0,005308	0,796224	0,004576	0,02288	0,06864	7,94
90	5,3	5,3	5,3	0,004851	0,727584	0,004576	0,02288	0,06864	8,62
105	4,8	4,8	4,8	0,004393	0,658944	0,004576	0,02288	0,06864	9,43
120	4,3	4,3	4,3	0,003935	0,590304	0,004576	0,02288	0,06864	10,42
Total						0,00389	0,019448	0,466752	44,16
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,466752

Tabela 14: Ensaio com Cebion® 600 rpm, com chicanas, 6 pás planas.

13º Ensaio: Cebion®									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cebion®		
600 rpm	Com Chicana		Turbinas com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Comprimido. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			%
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	% perda
0	7,4	7,4	7,4	0,006772	1,015872	0	0	0	0
15	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0,002746	0,013728	0,041184	4,05
30	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,002746	0,013728	0,041184	4,23
45	6,7	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0,00183	0,009152	0,027456	2,94
60	6,3	6,3	6,3	0,005766	0,864864	0,002746	0,013728	0,041184	4,55
75	6,1	6,1	6,1	0,005583	0,837408	0,00183	0,009152	0,027456	3,17
90	5,9	5,9	5,9	0,0054	0,809952	0,00183	0,009152	0,027456	3,28
105	5,5	5,4	5,4	0,004942	0,741312	0,004576	0,02288	0,06864	8,47
120	5,4	5,3	5,3	0,004851	0,727584	0,000915	0,004576	0,013728	1,85
Total						0,002402	0,012012	0,288288	28,38
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,288288

Tabela 18: Ensaio com vitamina C pura, 200 rpm, sem chicanas, 6 pás planas

17º Ensaio: Cápsula Ácido Ascórbico									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cápsula Ácido Ascórbico		
200 rpm	Sem Chicana		Turbinas com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Cápsula. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7	7	7	0,006406	0,96096	0	0	0	0
15	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0,000915	0,004576	0,013728	1,43
30	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,000915	0,004576	0,013728	1,45
45	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
60	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
75	6,8	6,8	6,7	0,006223	0,933504	0	0	0	-
90	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0,000915	0,004576	0,013728	1,47
105	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0	0	0	-
120	6,6	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0,000915	0,004576	0,013728	1,49
Total						0,000458	0,002288	0,054912	5,71
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,054912

Tabela 20: Ensaio com vitamina C pura, 400 rpm, sem chicanas, 4 pás inclinadas

19º Ensaio: Cápsula Ácido Ascórbico									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cápsula Ácido Ascórbico		
400 rpm	Sem Chicana		4 Pás inclinadas a 45°		KIO ₃ 0,0104 N		1 Cápsula. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	6,9	6,9	6,8	0,006315	0,947232	0	0	0	0
15	6,8	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	-
30	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	-
45	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	-
60	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	-
75	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	-
90	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,000915	0,004576	0,013728	1,45
105	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
120	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
Total						0,000114	0,000572	0,013728	1,45
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,013728

Tabela 21: Ensaio com vitamina C pura, 400 rpm, com chicanas, 4 pás inclinadas

20º Ensaio: Cápsula Ácido Ascórbico									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cápsula Ácido Ascórbico		
400 rpm	Com Chicana		4 Pás inclinadas a 45°		KIO ₃ 0,0104 N		1 Cápsula. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	0
15	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	-
30	6,9	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,000915	0,004576	0,013728	1,45
45	6,9	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
60	6,9	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
75	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
90	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
105	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0,000915	0,004576	0,013728	1,47
120	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0	0	0	-
Total						0,000229	0,001144	0,027456	2,90
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,027456

Tabela 23: Ensaio com vitamina C pura, 400 rpm, com chicanas, 6 pás planas

22º Ensaio: Cápsula Ácido Ascórbico									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cápsula Ácido Ascórbico		
400 rpm	Com Chicana		Turbinas com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Cápsula. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	0
15	6,9	6,9	6,8	0,006315	0,947232	0	0	0	-
30	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,000915	0,004576	0,013728	1,45
45	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0,000915	0,004576	0,013728	1,47
60	6,7	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0	0	0	-
75	6,6	6,7	6,6	0,006132	0,919776	0	0	0	-
90	6,6	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0,000915	0,004576	0,013728	1,49
105	6,5	6,5	6,5	0,005949	0,89232	0,000915	0,004576	0,013728	1,52
120	6,4	6,4	6,4	0,005857	0,878592	0,000915	0,004576	0,013728	1,54
Total						0,000572	0,00286	0,06864	7,25
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,06864

Tabela 24: Ensaio com vitamina C pura, 600 rpm, sem chicanas, 4 pás inclinadas

23º Ensaio: Cápsula Ácido Ascórbico									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cápsula Ácido Ascórbico		
600 rpm	Sem Chicana		4 Pás inclinadas a 45°		KIO ₃ 0,0104 N		1 Cápsula. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			%
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	% perda
0	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	0
15	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	-
30	6,9	6,9	6,8	0,006315	0,947232	0	0	0	-
45	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	-
60	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0	0	0	-
75	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,000915	0,004576	0,013728	1,45
90	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
105	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
120	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
Total						0,000114	0,000572	0,013728	1,45
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,013728

Tabela 25: Ensaio com vitamina C pura, 600 rpm, com chicanas, 4 pás inclinadas

24º Ensaio: Cápsula Ácido Ascórbico									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cápsula Ácido Ascórbico		
600 rpm	Com Chicana		4 Pás inclinadas a 45°		KIO ₃ 0,0104 N		1 Cápsula. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			%
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	% perda
0	7	7	7	0,006406	0,96096	0	0	0	0
15	7	7	7	0,006406	0,96096	0	0	0	-
30	7	7	7	0,006406	0,96096	0	0	0	-
45	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0,000915	0,004576	0,013728	1,43
60	6,8	6,8	6,9	0,006223	0,933504	0,000915	0,004576	0,013728	1,45
75	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
90	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
105	6,9	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
120	6,8	6,7	6,7	0,006132	0,919776	0,000915	0,004576	0,013728	1,47
Total						0,000343	0,001716	0,041184	4,29
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,041184

Tabela 26: Ensaio com vitamina C pura, 600 rpm, sem chicanas, 6 pás retas

25º Ensaio: Cápsula Ácido Ascórbico									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cápsula Ácido Ascórbico		
600 rpm	Sem Chicana		Turbina. com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Cápsula. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	TriplicataA			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	0
15	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
30	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
45	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
60	7,1	7,1	7,1	0,006498	0,974688	0	0	0	-
75	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0,00183	0,009152	0,027456	2,82
90	6,9	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,000915	0,004576	0,013728	1,45
105	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
120	6,6	6,4	6,6	0,005857	0,878592	0,003661	0,018304	0,054912	5,88
Total						0,000801	0,004004	0,096096	9,86
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,096096

Tabela 27: Ensaio com vitamina C pura, 600 rpm, com chicanas, 6 pás retas

26º Ensaio: Cápsula Ácido Ascórbico									
Rotação	Interno		Impelidor		Solução		Cápsula Ácido Ascórbico		
600 rpm	Com Chicana		Turbinas com 6 pás planas		KIO ₃ 0,0104 N		1 Cápsula. de 1 g em 1,5 Litro		
Tempo (min)	Triplicata			Massa Vit. C (g)		Perda de vitamina C (g) coletada nos tempos			% % perda
	1 (ml)	2 (ml)	3 (ml)	m _{Erlenmeyer}	m _{solução}	em 1 min	em 5 min	em 15 min	
0	7	7	7	0,006406	0,96096	0	0	0	0
15	7	7	6,9	0,006406	0,96096	0	0	0	-
30	6,9	6,9	6,9	0,006315	0,947232	0,000915	0,004576	0,013728	1,43
45	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0,000915	0,004576	0,013728	1,45
60	6,9	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
75	6,8	6,8	6,8	0,006223	0,933504	0	0	0	-
90	6,7	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0,00183	0,009152	0,027456	2,94
105	6,6	6,6	6,6	0,00604	0,906048	0	0	0	-
120	6,5	6,5	6,5	0,005949	0,89232	0,000915	0,004576	0,013728	1,52
Total						0,000572	0,00286	0,06864	7,14
Total de Perda em gramas após 120 minutos									0,06864

As Figuras de 10 até 14 fornecem os resultados obtidos nos 26 ensaios da oxidação do ácido ascórbico em função do tempo de agitação. A Tabela 28

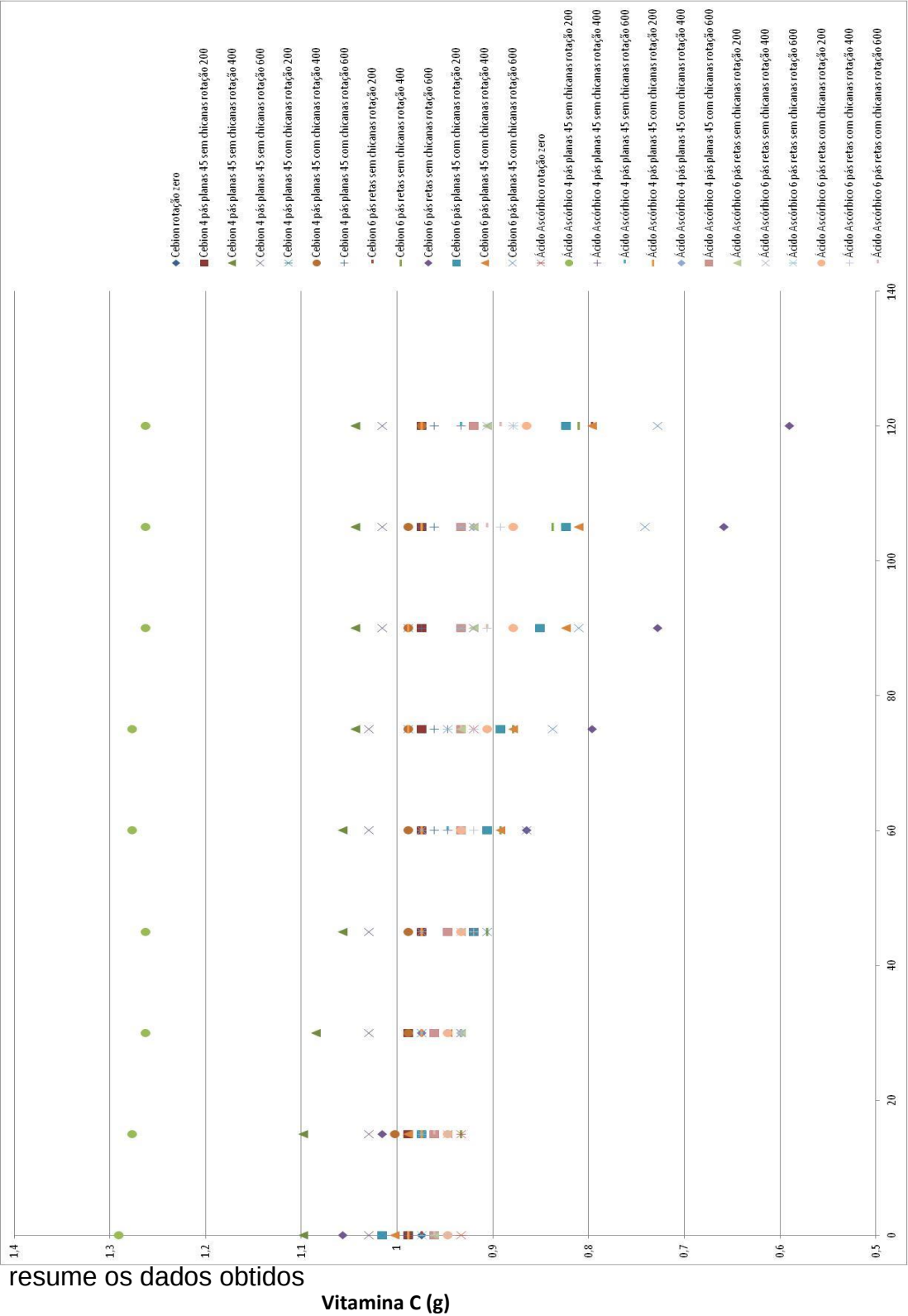


FIGURA 10: Alinhamento dos 26 experimentos com as respectivas perdas de massa levando-se em conta chicanas. tipo de fármaco e tempo de aditação.

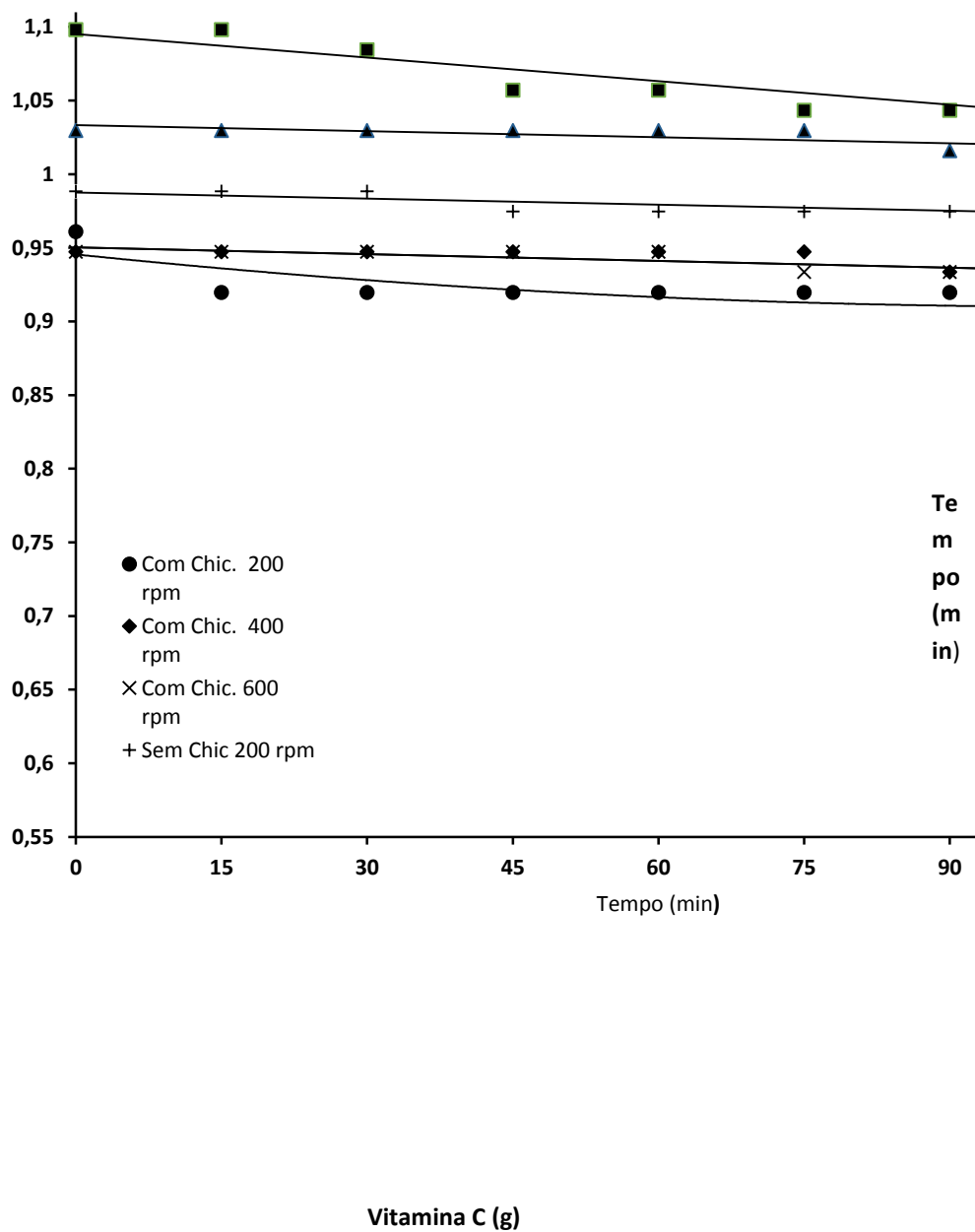


Figura 11 - Oxidação de vitamina C (Cebion®) em tanque com 4 pás inclinadas a 45°.

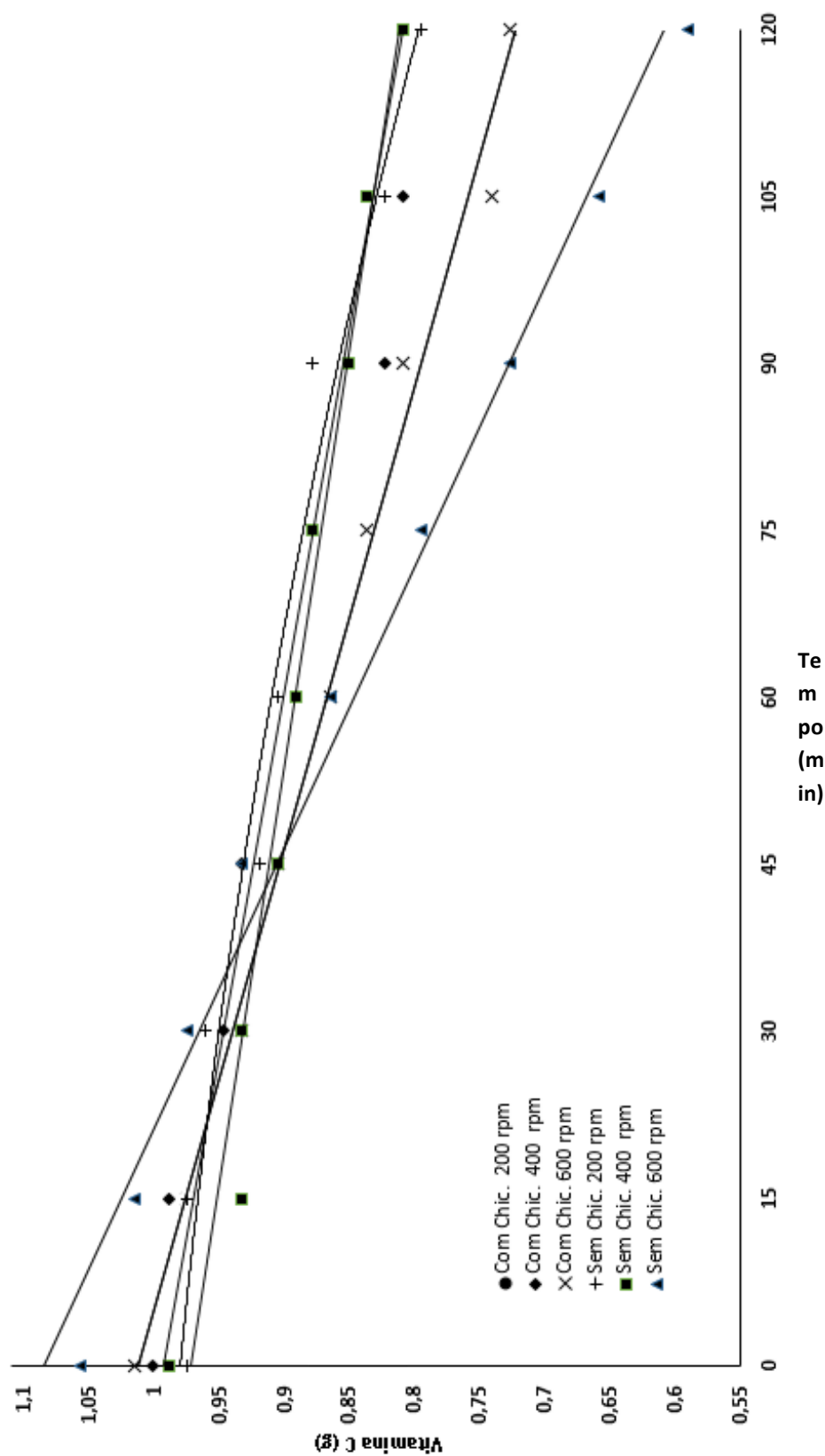


Figura 12 - Oxidação de vitamina C (Cebion®) em tanque com 6 pás planas.

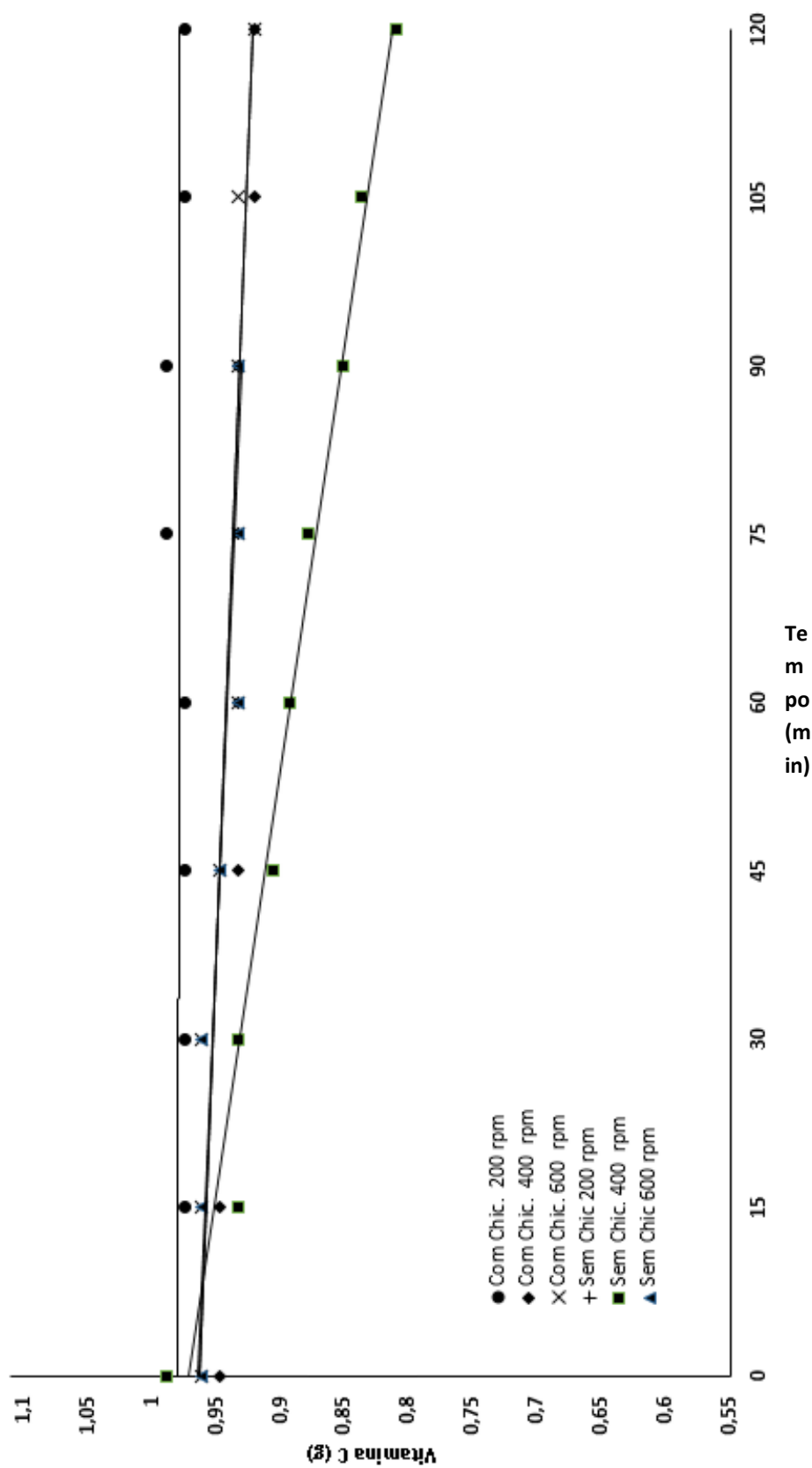


Figura 13 - Oxidação de vitamina C (cápsula) em tanque com 4 pás inclinadas a 45°.

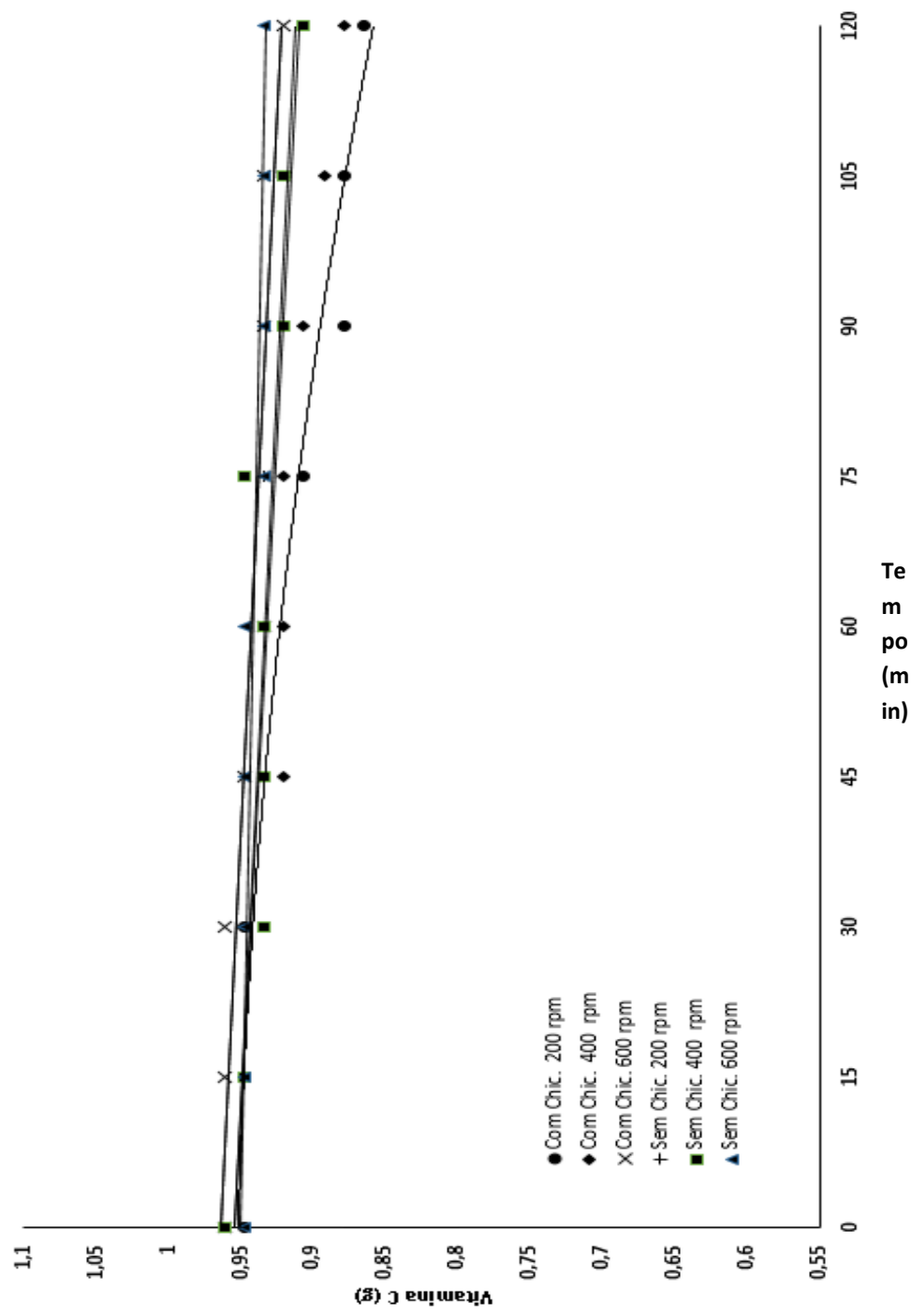


Figura 14 - Oxidação de vitamina C (cápsula) em tanque com 6 pás panas.

Tabela 28: Porcentagem de perda de ácido ascórbico em cada experimento ao final de 120 minutos.

Sem Rotação								
	Cebion®				Cápsula Ácido Ascórbico			
Perda (g)	0,000000				0,013728			
% Perda	0,000000				1,471000			
perda/min	0,000000				0,000114			
200 rpm								
	Cebion®				Cápsula Ácido Ascórbico			
	Sem Chicana		Com Chicana		Sem Chicana		Com Chicana	
	4 pás a 45°	6 pás retas	4 pás a 45°	6 pás retas	4 pás a 45°	6 pás retas	4 pás a 45°	6 pás retas
Perda (g)	0,013728	0,178464	0,054912	0,192192	0,027456	0,054912	0,013700	0,013728
% Perda	1,390000	18,310000	5,710000	18,920000	2,130000	5,710000	1,390000	1,470000
perda/min	0,000114	0,001487	0,000458	0,001602	0,000229	0,000458	0,000114	0,000686
400 rpm								
	Cebion®				Cápsula Ácido Ascórbico			
	Sem Chicana		Com Chicana		Sem Chicana		Com Chicana	
	4 pás a 45°	6 pás retas	4 pás a 45°	6 pás retas	4 pás a 45°	6 pás retas	4 pás a 45°	6 pás retas
Perda (g)	0,054912	0,178464	0,041184	0,205920	0,013728	0,054912	0,027456	0,068640
% Perda	5,000000	18,060000	4,050000	20,550000	1,450000	5,710000	2,900000	7,140000
perda/min	0,000458	0,001487	0,000343	0,001716	0,000114	0,000458	0,000229	0,000572
600 rpm								
	Cebion®				Cápsula Ácido Ascórbico			
	Sem Chicana		Com Chicana		Sem Chicana		Com Chicana	
	4 pás a 45°	6 pás retas	4 pás a 45°	6 pás retas	4 pás a 45°	6 pás retas	4 pás a 45°	6 pás retas
Perda (g)	0,013728	0,466752	0,013728	0,288288	0,013728	0,096096	0,041184	0,068640
% Perda	1,330000	44,160000	1,410000	28,380000	1,150000	9,860000	4,290000	7,140000
perda/min	0,000114	0,003890	0,000114	0,002402	0,000114	0,000801	0,000343	0,000572

4.2 Discussão

Em relação à rotação zero, observou-se que após 120 minutos de ensaio não houve perda de massa do cebion, enquanto que no experimento com ácido ascórbico puro houve uma pequena perda, perfazendo um total de 1,47% em relação à massa inicial. Quando submetido a 200 rotação por minuto observou-se uma significativa perda de massa com o impulsor de 6 pás planas, quando comparadas com o impulsor de 4 pás a 45° tanto nos processos realizados com e sem chicanas. A oxidação do Cebion® foi muito mais significativa, próximo de 18% de perda de massa, em relação ao ácido ascórbico puro quando se obteve 5,71% e 1,47% de perda sem e com chicanas respectivamente.

Na operação com 400 rpm e impulsor de 6 pás planas notou-se também maior perda de vitamina C do Cebion®, 18,6% e 20,55% sem e com chicanas respectivamente. Nas mesmas condições para o ácido ascórbico obteve-se uma perda de 5,17% sem chicanas e 7,14% com chicanas, indicando a pouca influência deste interno.

Obteve-se com 600 rpm a mais significativa perda de massa de vitamina C ou seja, 44,16% no experimento com o Cebion® e 6 pás retas em comparação com a perda de 9,86% com o mesmo tipo de pás no ácido ascórbico.

A comparação das oxidações no experimento com o Cebion® mostraram uma maior e mais significativa perda quando aplicada uma agitação acima de 400 rpm o que também foi observado para o ácido ascórbico puro.

O impulsor de 6 pás retas, que promove maior cisalhamento gerou uma maior perda de massa. Foi a variável de maior relevância.

5. – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões

O trabalho experimental permitiu concluir:

- a) Não foi observado após 120 minutos, perda de massa de Cebion® com o sistema sem rotação;
- b) Houve uma pequena perda de massa (1,471%) ao longo do experimento com ácido ascórbico em rotação zero;
- c) Ocorreu maior perda de massa do Cebion® com 200 rpm e pás planas, em comparação com as pás inclinadas (abaixo de 5,71%) e também maior perda quando comparado com ácido ascórbico puro (inferior a 5,71%);
- d) Com a rotação de 400 rpm a oxidação do Cebion® foi significativamente maior que o ácido ascórbico puro, próximo de 20%, quando utilizou-se 6 pás retas, com e sem chicanas,(abaixo de 7,14%);
- e) Quando aplicada ao tanque a rotação de 600 rpm houve a maior perda de massa do experimento com o Cebion® e impulsor com 6 pás reta, (44, 16%) sem chicanas e (28,38%) com chicanas em comparação com ácido ascórbico que apresentou 9,86% e 7,14% respectivamente;
- f) O impulsor de 6 pás planas promoveu a maior oxidação em relação as demais variáveis estudadas ou seja o tempo, sistema com ou sem chicanas e tipo de vitamina C, portanto deve ser evitado nas operações que contemplam a agitação de vitamina C sem aditivos.
- g) Com o presente estudo não foi possível justificar a o indicador das diferenças de oxidação entre o farmaco e sua sua forma pura.

5.2 Sugestões

O presente trabalho abre possibilidades para ampliação do estudo da oxidação da vitamina C, portanto sugere-se:

- a) Continuar o trabalho com outras apresentações de vitamina C associadas ou não a fatores redutores e com diferenças quantitativas do mesmo

b) Estudar o comportamento da oxidação da vitamina aplicando-se outras variáveis como temperatura abaixo de 40 graus celsius, luminosidade, aplicando-se maiores unidades de lúmens, borbulhamento de ar e pressão atmosférica com altitudes que exerçam pressão inferior a 1 atmosfera;

c) Avaliação de outras rotações não apenas para promover um aumento desta variável para detectar possível ponto de "viragem" da oxidação após 400 rpm.

d) Utilizar de outros impulsores tanto industrial como de uso doméstico como de 3 pás inclinadas o mesmo se aplicando a outros modelos de tanques.

e) Estudar a oxidação de outras vitaminas pelo mesmo método possível e aplicar de outro método para avaliar a perda de massa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANCHE MV, DELLA-LUCIA CM, SARTORI MA, PINHEIRO- SANT'ANA HM. **Perdas de vitaminas em leite e produtos lácteos e possíveis medidas de controle.** Alim Nutr 2008;19(2):207-17. In SUCUPIRA N.R., XEREZ, A.C.P., SOUZA P.H.M. Perdas Vitamínicas Durante o Tratamento Térmico de Alimentos. UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde 2012;14(2):121-8.

ARANHA, F. Q., BARROS, Z. F., MOURA, L. S. A. **O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas do idoso.** Rev. Nutr.,n.3, v.2, p. 89-97, 2000.

BRAGANTE. **Misturadores e Agitadores Alimentícios.** Disponível em: <<http://bragante.br.tripod.com/misturadores.html>> Acesso em 14 de mar 2015.

BUTLER, A.R. e GASH, R. **Of sailors and scientists - the story of vitamin C.** Education in Chemistry, v. 9, p. 122-124, 1993.

CHAO, J. C. J. et al. **Effects of β -carotene, vitamin C and E on antioxidant status in hyperlipidemic smokers.** Journal of Nutritional Biochemistry, v. 13, p. 427-434, 2002. KRAUSE, M. V.; MAHAN, L.K, Alimentos, nutrição e dietoterapia.11. ed. São Paulo: roca. 2005. In: ZIMMERMANN,A.M e KIRSTEN, V.R. Disc. Scientia. Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 51-68, 2008.

COLODEL,C. <http://www.ebah.com.br/content/ABAAfI8cAA/colageno>(acesso 20/04/2015)

DAVIES, M.B.; AUSTIN, J. e PARTRIDGE, D.A. **Vitamin C: in chemistry and biochemistry.** Cambridge: Royal Societyof Chemistry, 1991. p. 7-25 e 74-82.

DAVÍDEK, J.; VELÍSEK, J.; POKORNÝ, J. **Vitamins. Chemical changes during food processing: developments in food science 21.** Praga: Elsevier Science Publ., 1990. p.230-294.

ENERGIA REVISTA WEB. <http://www.energianaweb.com.br/revista.php> (2012)

FARNWORTH, E. R.; LAGACÉ, M., COUTURE, R; YAYLAYAN; STWART, B. **Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice.** Food Res. Int. v. 34, p. 25-30, 2001.

FENNEMA OR. **Química de los alimentos.** Zaragoza: Acribia; 1993. In SUCUPIRA, N.R., XEREZ A.C.P., SOUZA P.H,M, **Perdas Vitamínicas Durante o Tratamento Térmico de Alimentos.** UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde 2012;14(2):121-8.

FERNANDES, A.G; MAIA, G.A; SOUSA, P.H; COSTA, J.M; FIGUEIREDO, R.W; PRADO, G.M. **Comparação dos teores em vitamina C, carotenóides totais, antocianinas totais e fenólicos totais do suco tropical de goiaba nas**

diferentes etapas de produção e influência da armazenagem. Alim Nutr 2007;18(4):431-8. In SUCUPIRA, N.R., XEREZ, A.C.P., SOUZA, P.H.M. **Perdas Vitamínicas Durante o Tratamento Térmico de Alimentos.** UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde 2012;14(2):121-8.

FIORUCCI, A. R., SOARES, M. H. F. B., CAVALHEIRO, E. T. G. **A importância da Vitamina C na sociedade através dos tempos.** Química Nova na Escola, n.17, p. 3-7, 2003

GIROTO, J.A.; MORAES, Jr., D.; **Oxidação da vitamina C quando submetida a agitação em um tanque tipo Rushton.** I COBEQ-IQ – Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. São Carlos (SP). Agosto de 1995, p.277-280.

INSTITUTO DE QUÍMICA DA USP. <http://www3.iq.usp.br/> (acesso2015);

LE COUTEUR, P., BURRENSEN, J.. **Os botões de Napoleão: as 17moléculas que mudaram a história.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006

LEE, J. S. et al., **The stabilization of L-ascorbic acid in aqueous solution and water-in-oil-in-water double emulsion by controlling de pH and electrolyte concentration.** Journal of Cosmetic Science, v. 55, p. 1-12, 2004 In: ROSA,S.J.;

OLIVEIRA, R.L. GODOY, J, OIANO Neto, CAMPOS,S.R., da MATTA,M.V., FREIRE, A.C., da SILVA,S.A, de SOUZA, S.R. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(4): 837-846, out.-dez. 2007

LOPES, V.C.; MARTINS, M.H.; CARVALHO, I.T. **Teor de ácido ascórbico em polpas de acerola congeladas e comercializadas na cidade do Recife – PE.** B.CEPPA, Curitiba v.15 n1 p. 1-8 jan/jun 1997. (1997).

LU, X.; SEIB, P. A. **Assay of dehydroascorbic acid in bread and dough added as a crystalline dimer.** Cereal Chemistry, v. 75, n.2, p. 200-206, 1998 In: da ROSA,DS.J., de OLIVEIRA, L.R. GODOY, OIANO neto.J, CAMPOS,S.R., DA MATTA,M.V., FREIRE,A.C., SILVA,S.A.,SOUZA,S.R. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(4): 837-846, out.-dez. 2007

MANARINI, T. **A química da comida saudável.** São Paulo: Abril, 2013.

(MANELA-AZULAY, LACERDA, PEREZ, FILGUEIRA & CUZZI, 2003)

McCABE, W.L.; SMITH, J.C.; HARRIOTT, P. **Unit Operations of Chemical Engineering** 7 ed. New York: Mc Graw-Hill, 2005.

MARCUS;.COULSTON, 1991 (qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a02.pdf)

MEDICINANET. <http://www.medicinanet.com.br/> (acesso 2015)

MORAES, P.H.S.; ANDRADE, A.T.; SIQUEIRA, C.F. S.; CARVALHO, S.J.; CAMARGO, T.; GOULART, S.; MONTEIRO, B.L.; PUSTIGLIONE, B.A.; MORAES JUNIOR, D. **Influência da rotação de impulsor mecânico na oxidação da vitamina C.** Faculdade de Engenharia Química da Universidade Santa Cecília, Faculdade de Farmácia da Universidade Santa Cecília, Santos, SP, Revista Ceciliana. Jun 2(1):1-3, 2010.

MORAES Jr. D.; MORAES, M.S. **Laboratório de Operações Unitárias I.** Santos: ed. dos autores. 2011. 216 p.

NISHIKIMI, M.R., FUKUYAMA, S., MINOSHIMA, N., SHIMIZU and YAGY, K. **Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulonogamma-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in man.** J Biol Chem, 1994; 269 (18): 13685-8. In: MANELA-AZULAY, LACERDA, PEREZ, FILGUEIRA & CUZZI An bras Dermatol, Rio de Janeiro, 78(3):265-274, maio/jun. 2003

ORTEGA Disponível em:

http://www.unicamp.br/fea/ortega/aulas/aula14_Agitacao.pdf Acesso: Novembro de 2014

PÉREZ, A.G. et al. **Rapid determination of sugar, nonvolatile acids and ascorbic acid in strawberry and other fruits.** Journal of Agriculture and Food Chemistry, v. 45, p. 3545-3549, 1997 In: ROSA, S.J., GODOY O.R.L, OIANO, J. NETO, C.S.R, da MATTA, M.V. FREIRE, A.C., da SILVA, S.A. SOUZA, S.R., Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(4): 837-846, out.-dez. 2007

PHILLIPS CL; COMBS SB; and PINNELL SR. **Effects of ascorbic acid on proliferation and collagen synthesis in relation to the donor age of human dermal fibroblasts.** J Invest Dermatol, 1994; 103(2):228-32 In: MANELA-AZULAY, LACERDA, PEREZ, FILGUEIRA & CUZZI An bras Dermatol, Rio de Janeiro, 78(3):265-274, maio/jun. 2003.

ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. **Ascorbic acid destruction in sweet aqueous model systems.** Lebensm.-Wiss. U- Technol. v. 30, p. 567- 572, 1997.

ROMERO, L.A, SILVA, L.E., KIOURANIS, M.N.M.,. **Teor de vitamina C em sucos de frutas: uma proposta de atividade experimental.** Unicamp, Campinas, SP e UEM, Maringá, PR, 2005. [5] JACOB, 2005.

SCHECTMAN, G. **Estimating ascorbic acid requirements for cigarette smokers.** Ann N Y Acad Sci, 1993; 686:335-45; discussion 345-6. In: MANELA-AZULAY, LACERDA, PEREZ, FILGUEIRA & CUZZI An bras Dermatol, Rio de Janeiro, 78(3):265-274, maio/jun. 2003

SNYDER, C.H. **The extraordinary chemistry of ordinary things.** 2ª ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1995. p. 492-493; 503-506 e 507-509

TILLMAN, J.. **Vitaminas**. São Paulo: Editora Rideel, 2009. In: Tenessee Andrade Nunes; Jane Kelly Holanda Melo; Gleydson de Freitas Silva, Bárbara Monique Freitas Vasconcelos; Luã Reis dos Santos Mota. ISSN 2178-0471vol. 4 n.1 Junho 2013 pág. 26-38

TRABALHOS FEITOS. <http://www.trabalhosfeitos.com/> (acesso2015)

WANNAMETHEE, S. G. et al. **Associations of vitamin C status, fruit and vegetable intakes, and markers of inflammation and hemostasis**. American Journal of Clinical Nutrition, v. 83, n. 3, p. 567-574, 2006. CHAO, J. C. J. et al. Effects of β -carotene, vitamin C and E on antioxidant status in hyperlipidemic smokers. Journal of Nutritional Biochemistry, v. 13, p. 427-434, 2002. In:ZIMMERMANN,M.A. e KIRSTEN,R.V. Disc. Scientia. Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 51-68, 2008.

WELCH, RW; WANG, YA; CROSSMAN, JB Jr; PARK, KL; KIRK and M, LEVINE. **Accumulation of vitamin C (ascorbate) and its oxidizedmetabolite dehydroascorbic acid occurs by separate mechanisms**. J Biol Chem, 1995; 270(21): 12584-92 In: MANELA-AZULAY, LACERDA, PEREZ, FILGUEIRA & CUZZI An bras Dermatol, Rio de Janeiro, 78(3): 265-274, maio/jun. 2003.

Apêndice A

Cálculos referentes às Tabelas de 2 até 27.

Tempo

Durante duas horas a Solução de Vitamina C for submetida à análises. As amostras foram coletadas a cada quinze minutos.

Triplicata

Os resultados apresentados foram obtidos por média aritmética de três amostras em cada coleta.

Massa de Vitamina C encontrada em cada amostra.

Através da equação (A.1) obteve-se a massa de Vitamina C contida no Erlenmeyer (amostra).

$$m_{\text{Vit. C}} = N_{\text{KIO}_3} \times V_{\text{KIO}_3} \times \text{eq. g}_{\text{Vit. C}} \quad (\text{A.1})$$

Exemplo: O Volume gasto de KIO_3 presente na Bureta foi 7,1 ml para titular uma amostra de 10 ml da Solução de Vitamina C. A Normalidade da solução de KIO_3 empregada foi de 0,0104 Normal. O Equivalente grama da Vitamina C é 88 eq. g. Aplicando a equação (A.1) chegamos a:

$$m_{\text{Vit. C}} = N_{\text{KIO}_3} \times V_{\text{KIO}_3} \times \text{eq. g}_{\text{Vit. C}} \quad (\text{A.2})$$

$$m_{\text{Vit. C}} = 0,0104 \text{ N} \times 0,071 \text{ l} \times 88 \text{ eq. g} = 0,006497\text{g} \quad (\text{A.3})$$

Se o volume retirado da amostra foi 10 ml de 1500 ml significa que houve uma redução de 150 vezes. Logo o valor em massa encontrado na amostra deve ser multiplicado por 150 para encontrar a quantidade de massa total na solução de Vitamina C.

$$m_{\text{Vit.C, Erlenmeyer}} \times 150 = m_{\text{Vit.C, total}} \quad (\text{A.4})$$

$$m_{\text{Vit.C, total}} = 150 \times 0,006497\text{g} = 0,9746\text{ g} \quad (\text{A.5})$$

Massa de Vitamina C oxidada por minutos

A massa oxidada por minuto no intervalo de 15 minutos é a quantidade em massa que oxidou neste tempo dividida por 15.

$$\frac{m_0 - m_1}{15 \text{ min}} = m_{\text{oxidada por minuto}} \quad (\text{A.6})$$

Exemplo: A massa no tempo zero é igual a 0,933504 g e a massa da amostra posterior, após 15 minutos foi 0,906048 g. Aplicando os valores na Equação (A.6):

$$\frac{m_0 - m_1}{15 \text{ min}} = m_{\text{oxidada por minuto}} \quad (\text{A.7})$$

$$m_{\text{oxidada por minuto}} = \frac{0,933504\text{g} - 0,906048\text{g}}{15 \text{ minutos}} = 0,00183 \frac{\text{g}}{\text{minuto}} \quad (\text{A.8})$$

A massa oxidada por minuto no intervalo de toda análise de 120 minutos é a quantidade de massa oxidada durante o experimento dividida por 120 minutos.

$$\frac{m_0 - m_{\text{final}}}{120 \text{ min}} = m_{\text{total oxidada por minuto}} \quad (\text{A.9})$$

Exemplo: A massa no tempo zero é igual a 0,933504 g e a massa final, após 120 minutos foi 0,88048 g. Aplicando os valores na Equação (A.9):

$$\frac{m_0 - m_{\text{final}}}{120 \text{ min}} = m_{\text{total oxidada por minuto}} \quad (\text{A.10})$$

$$m_{\text{total oxidada por minuto}} = \frac{0,933504\text{g} - 0,88048\text{g}}{120 \text{ minutos}} = 0,000441 \frac{\text{g}}{\text{minuto}} \quad (\text{A.11})$$

Através da Equação (A.6) e (A.9) aplicada aos resultados contidos nas tabelas 2 até 27, confirma-se que a oxidação não é linear.

A massa oxidada por cinco minutos no intervalo de 15 minutos é a quantidade em massa que oxidou nesse intervalo de tempo dividida por 3.

$$\frac{m_0 - m_1}{3} = m_{\text{oxidada por 5 minutos}} \quad (\text{A.12})$$

Exemplo: A massa no tempo zero é igual a 0,933504 g e a massa da amostra posterior, após 15 minutos foi 0,906048 g. Aplicando os valores na Equação (A.12):

$$\frac{m_0 - m_1}{3} = m_{\text{oxidada por 5 minutos}} \quad (\text{A.13})$$

$$m_{\text{oxidada por minuto}} = \frac{0,933504\text{g} - 0,906048\text{g}}{3} = 0,00192 \frac{\text{g}}{5 \text{ minuto}} \quad (\text{A.14})$$

A massa oxidada por cinco minutos no intervalo de 120 minutos é a quantidade em massa que oxidou durante os 120 minutos e dividida por 24. Resultará na perda em grama total do experimento por 5 minutos.

$$\frac{m_0 - m_{\text{final}}}{24} = m_{\text{total oxidada por 5 minuto}} \quad (\text{A.15})$$

Exemplo: A massa no tempo zero é igual a 0,933504 g e a massa final, após 120 minutos, foi 0,88048 g. Aplicando os valores na Equação (A.15):

$$\frac{m_0 - m_{\text{final}}}{24} = m_{\text{total oxidada por 5 minuto}} \quad (\text{A.16})$$

$$m_{\text{total oxidada por 5 minuto}} = \frac{0,933504\text{g} - 0,88048\text{g}}{24} = 0,0022 \frac{\text{g}}{5 \text{ minuto}} \quad (\text{A.17})$$

A massa Oxidada por quinze minutos no intervalo de 15 minutos é a quantidade de massa que oxidou da próxima coleta dividida por 1.

$$\frac{m_0 - m_1}{1} = m_{\text{oxidada por 15 minutos}} \quad (\text{A.18})$$

Exemplo: A massa no tempo zero é igual a 0,933504 g e a massa da amostra posterior, após 15 minutos, foi 0,906048 g. Aplicando os valores na Equação (A.18):

$$\frac{m_0 - m_1}{1} = m_{\text{oxidada por 15 minutos}} \quad (\text{A.19})$$

$$m_{\text{oxidada por 15 minuto}} = \frac{0,933504\text{g} - 0,906048\text{g}}{1} = 0,02745 \frac{\text{g}}{5 \text{ minuto}} \quad (\text{A.20})$$

A massa oxidada por quinze minutos no intervalo de 120 minutos é quantidade de massa que oxidou durante os 120 minutos e dividida por 8.

$$\frac{m_0 - m_{\text{final}}}{8} = m_{\text{total oxidada por 15 minuto}} \quad (\text{A.21})$$

Exemplo: A massa no tempo zero é igual a 0,933504 g e a massa final, após 120 minutos, foi 0,88048 g. Aplicando os valores na Equação (A.21):

$$\frac{m_0 - m_{\text{final}}}{8} = m_{\text{total oxidada por 15 minutos}} \quad (\text{A.22})$$

$$m_{\text{total oxidada por 5 minutos}} = \frac{0,933504\text{g} - 0,88048\text{g}}{8} = 0,0022 \frac{\text{g}}{15 \text{ minuto}} \quad (\text{A.23})$$

Percentual de Perda

Percentual de perda a cada quinze minutos é a quantidade de massa perdida em relação a anterior.

$$\% \text{perda}_{15 \text{ minutos}} = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \times 100 \quad (\text{A.24})$$

Exemplo: A massa no tempo zero é igual a 0,933504 g e a massa da amostra posterior, após 15 minutos, foi 0,906048 g. Aplicando os valores na Equação (A.24):

$$\% \text{perda}_{15 \text{ minutos}} = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \times 100 \quad (\text{A.25})$$

$$\% \text{perda}_{15 \text{ minutos}} = \frac{(0,933504 - 0,906048)}{0,933504} \times 100 = 2,94\% \quad (\text{A.26})$$

Percentual de perda total após 120 minutos é a quantidade de massa perdida durante toda análise, 120 minutos.

$$\% \text{perda}_{\text{total}} = \frac{(m_0 - m_{\text{final}})}{m_0} \times 100 \quad (\text{A.27})$$

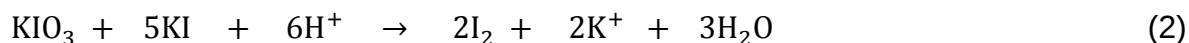
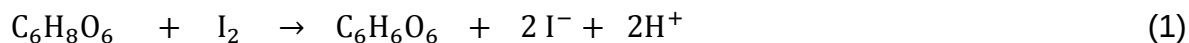
Exemplo: A massa no tempo zero é igual a 0,933504 g e a massa final, após 120 minutos, foi 0,88048 g. Aplicando os valores na Equação (A.27):

$$\% \text{perda}_{\text{total}} = \frac{(m_0 - m_{\text{final}})}{m_0} \times 100 \quad (\text{A.28})$$

$$\% \text{perda}_{\text{total}} = \frac{(0,933504 - 0,88048)}{0,933504} \times 100 = 5,68\% \quad (\text{A.29})$$

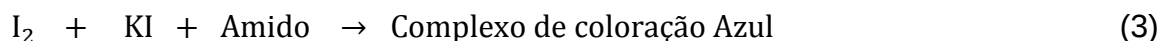
Fundamentos do Exemplo

A equação principal do método iodométrico está apresentado na equação 1 e a formação do Iodo (I_2) na equação 2.



O Iodo (I_2) foi produzindo reagindo-se o Iodato de Potássio (KIO_3) e Iodeto de Potássio (KI) em meio ácido (concentrado). O Iodeto de Potássio (KI) foi empregado em excesso para aumentar a solubilidade do Iodo (I_2) e evitar evaporação. Quanto maior a concentração de KI, maior a solubilidade de I_2 .

O amido foi empregado como indicador



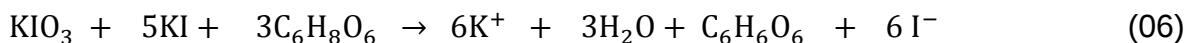
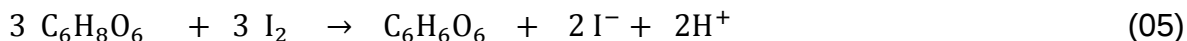
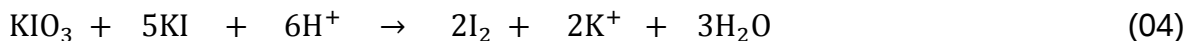
Volumetria (Titulação)

Uma amostra de 10 ml da solução de 1500 ml de vitamina C foi adicionada ao Erlenmeyer juntando-se 10 ml de Iodeto de Potássio 1%, 10 ml de Amido 1% e 10 ml Ácido Sulfúrico 20 v/v.

A bureta foi preenchida com Iodato de Potássio (KIO_3) a 0,01 Normal.

A princípio a amostra junto aos outros reagentes apresentou uma coloração branca. A infusão de Iodato de Potássio no Erlenmeyer promoveu o contato com Iodeto de Potássio (KI) e formou Iodo (I_2) que reagiu com a vitamina C da amostra. Quando toda vitamina C da amostra foi reagida, o Iodo (I_2) ficou na solução junto com KI e o amido, que ocasionou a mudança da coloração branca para azul, esta mudança é o ponto final da titulação. Quanto mais suave o azul, menos Iodo foi liberado após o término da vitamina C e, conseqüentemente, o volume de KIO_3 ficou o mais próximo do valor reagido com a vitamina C.

Estequiometria



Através da equação (07) encontra-se o valor de massa da vitamina C contida na amostra.

$$m_{\text{vit.C}} = N_{\text{KIO}_3} \times V_{\text{KIO}_3, \text{gasto}} \times \text{eq. g}_{\text{vit. C}} \quad (07)$$

Sendo:

m é a massa em grama (g)

V é o volume em litro (l)

N é a normalidade (N)

Eq.g igual a equivalente grama (eq.g)

A equação (01) é originada da substituição da equação (08) pela equação (09):

$$N_{KIO_3} \times V_{KIO_3} = N_{Vit.C} \times N_{Vit.C} \quad (08)$$

$$N_{KIO_3} = \frac{m_{KIO_3} \times K_{KIO_3}}{MM_{KIO_3} \times V_{KIO_3}} \quad (09)$$

$$\frac{m_{KIO_3} \times K_{KIO_3}}{MM_{KIO_3} \times V_{KIO_3}} \times V_{KIO_3} = N_{Vit.C} \times N_{Vit.C} \quad (10)$$

$$eq. g = \frac{MM}{K} \quad (11)$$

$$m_{vit.C} = N_{KIO_3} \times V_{KIO_3, gasto} \times eq. g_{vit. C} \quad (12)$$

Sendo:

MM é a massa molar, (g/mol).

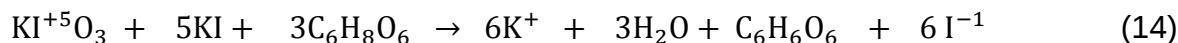
K é a quantidade carga elétrica transferida ou recebida de um elemento.

Preparo de Solução

Através da equação (09) calculou-se a quantidade de massa de Iodato de Potássio que foi acrescentada a um litro de água destilada para preparar a solução de KIO_3 a 0,01 Normal.

$$N_{KIO_3} = \frac{m_{KIO_3} \times K_{KIO_3}}{MM_{KIO_3} \times V_{KIO_3}} \therefore 0,01 N = \frac{m_{KIO_3} \times 6}{214 \frac{g}{mol} \times 1 l} \therefore m_{KIO_3} = 0,356 g \quad (13)$$

O valor de K do Iodato de Potássio é igual a seis em virtude do recebimento de seis elétrons como demonstrado nas equações (10), (11) e (12). Como se trata de cargas recebida ou fornecida o sinal do resultado da equação (17) pode ser dispensado.



$$\Delta = \text{Quantidade de carga final} - \text{Quantidade de carga final} \quad (16)$$

$$\Delta = -1 - (+5) = 6 \quad (17)$$

A solução de Vitamina C foi preparada utilizando a equação (9), porém com os termos referentes à Vitamina C como demonstra a equação (18) para massa de vitamina C de uma grama, o volume do líquido é igual a 1500 ml e o valor de K é dois pois a vitamina C cede dois elétrons na reação.

$$N_{\text{Vit.C}} = \frac{m_{\text{Vit.C}} \times K_{\text{Vit.C}}}{MM_{\text{Vit.C}} \times V_{\text{Vit.C}}} \quad (18)$$

$$N_{\text{Vit.C}} = \frac{m_{\text{Vit.C}} \times K_{\text{Vit.C}}}{MM_{\text{Vit.C}} \times V_{\text{Vit.C}}} \therefore N_{\text{Vit.C}} = \frac{1 \text{ g} \times 2}{176 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1,5 \text{ l}} \therefore N_{\text{Vit.C}} = 0,075 \text{ Normal} \quad (19)$$

A vitamina C pura foi obtida do laboratório da farmácia de manipulação Indiana, de procedência do laboratório Fragon, China, NF 000.719 de 18/06/2014, prazo de validade até 29/03/2016, lote de fabricação DY 0261320741 e ensaios de qualidade realizados no laboratório de controle de qualidade SM Empreendimentos Farmacêuticos Ltda, CNPJ 44.015.477/0006-20 e decorreram de acordo com as normas atualmente vigentes.