

Nanotecnologia em atividades pós-colheita

Odílio B.G. Assis

Embrapa Instrumentação

São Carlos - SP

O programa de nanotecnologia da Embrapa foi criado em 2005 através da formação de uma rede de pesquisa.



Coordenação: Embrapa Instrumentação (São Carlos, SP)
Atualmente agrega 158 pesquisadores de 53 Instituições

Principais linhas de pesquisa:

- Sensores, biossensores e dispositivos eletrônicos
- Produção de nanocompósitos de fontes renováveis
- Desenvolvimento de novos materiais funcionais
- Liberação controlada de insumos (nanofertilizantes, defensivos, etc)
- Filmes, revestimentos e nanoestruturas para conservação de alimentos e produção de embalagens



<http://www.embrapa.br/nano>

A unidade é sede do:

Embrapa

Instrumentação

LABORATÓRIO NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA PARA O AGRONEGÓCIO (LNNA)

www.embrapa.br/pt/laboratorio-nacional-de-nanotecnologia-para-o-agronegocio-lnna



**Multiusuário faz parte do
SisNANO (Sistema Nacional
de Laboratórios em
Nanotecnologia do MCTI)
Para solicitação de
serviços, análises e
parcerias:**

Entrar em contato com a **secretaria do LNNA** pelo e-mail **cnpdia.lnna@embrapa.br** para informações sobre uso e disponibilidade dos equipamentos e laboratórios e recebimento de formulário de demanda.

Nanotecnologia em atividades pós-colheita



Nano (símbolo n) é um prefixo no SI de unidades denotando um fator de 10^{-9} , ou 1/1.000.000.000 foi instituído em 1960 e vem do grego vávoç (anão).

Prefixos do SI

1000^m	10^n	Prefixo	Símbolo	Desde ₃	Escala curta	Escala longa	Equivalente decimal
1000^8	10^{24}	yotta (iota ²)	Y	1991	Septilhão	Quadrilhão	1 000 000 000 000 000 000 000 000
1000^7	10^{21}	zetta (zeta ²)	Z	1991	Sextilhão	Milhar de trilhão	1 000 000 000 000 000 000 000
1000^6	10^{18}	exa	E	1975	Quintilhão	Trilhão	1 000 000 000 000 000 000
1000^5	10^{15}	peta	P	1975	Quadriilhão	Milhar de bilião	1 000 000 000 000 000
1000^4	10^{12}	tera	T	1960	Trilhão	Bilhão	1 000 000 000 000
1000^3	10^9	giga	G	1960	Bilhão	Milhar de milhão	1 000 000 000
1000^2	10^6	mega	M	1960		Milhão	1 000 000
1000^1	10^3	quilo	k	1795		Milhar	1 000
	10^2	hecto	h	1795		Centena	100
	10^1	deca	da	1795		Dezena	10
1000^0	10^0	nenhum	nenhum			Unidade	1
	10^{-1}	deci	d	1795		Décimo	0,1
	10^{-2}	centi	c	1795		Centésimo	0,01
1000^{-1}	10^{-3}	mili	m	1795		Milésimo	0,001
1000^{-2}	10^{-6}	micro	μ (mu) ¹	1960		Milionésimo	0,000 001
1000^{-3}	10^{-9}	nano	n	1960	Bilionésimo	Milésimo de milionésimo	0,000 000 001
1000^{-4}	10^{-12}	pico	p	1960	Trilionésimo	Bilionésimo	0,000 000 000 001
1000^{-5}	10^{-15}	femto (fento ²)	f	1964	Quadrilionésimo	Milésimo de bilionésimo	0,000 000 000 000 001
1000^{-6}	10^{-18}	atto (ato ²)	a	1964	Quintilionésimo	Trilionésimo	0,000 000 000 000 000 001
1000^{-7}	10^{-21}	zepto	z	1991	Sextilionésimo	Milésimo de trilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 001
1000^{-8}	10^{-24}	yocto (iacto ²)	y	1991	Septilionésimo	Quadrilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001

Relação de proporção em nanotecnologia



Relação meramente ilustrativa. Fonte: nanower.com



Nanotechnology: The Science of the Invisible

Sneha Mohan Bhagyaraj ✖, Oluwatobi Samuel Oluwafemi ✖ †

Show more ▾

+ Add to Mendeley 🔗 Share 🗉 Cite

<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101975-7.00001-4>

[Get rights and content](#)

Abstract

Research on nanomaterials has stimulated a lot of interest over the past decades due to their unique properties and vast utilities in biological, medical, electronic, and optoelectronic applications. This chapter will explore the origin of the nanotechnology concept, which can be traced back to about half a century ago when people thought the smallest man-made structure was an optical fiber. The origin of



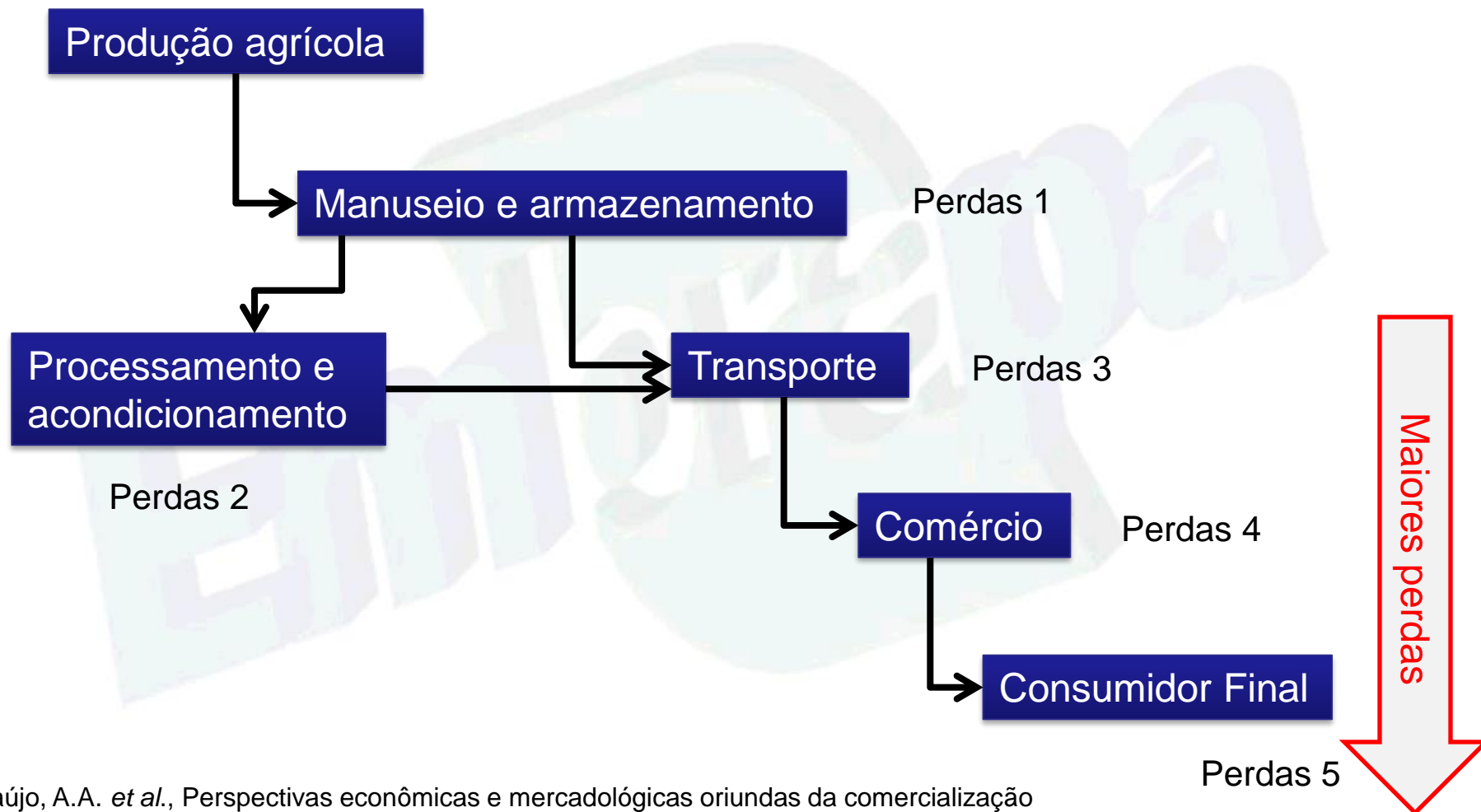
O Brasil atualmente é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma produção de 45 milhões de toneladas segundo dados da Embrapa de 2015. Contudo as perdas pós-colheita são estimadas entre 40-50%.

Os fatores que levam a essas perdas são diversos podendo citar:

- Colheita e práticas inadequadas de manuseio
- Transporte precário e distribuição irregular
- Condições de temperaturas e armazenamento que não considera as diferenças fisiológicas entre os produtos
- Ausência de cadeia de frio
- Manuseio intensivo e acondicionamento inapropriado para a venda no varejo
- Aproveitamento baixo e descarte excessivo por parte do consumidor

O desperdício e descarte doméstico pode chegar a 52% do montante adquirido pelo consumidor.

Araújo esquematiza em 5 etapas as perdas pós colheita de produtos agrícolas



Araújo, A.A. *et al.*, Perspectivas econômicas e mercadológicas oriundas da comercialização e perdas pós-colheita de produtos agrícolas. Cap 4 - EDUFMA, 2020



60% do lixo doméstico é resto de comida, reduza o desperdício na sua casa



BLOG

Comida de Verdade

Uma alimentação consciente no paraíso da culinária

[Veja mais sobre quem faz](#)

Por Juliana Carreiro
23/04/2018

A próxima sexta-feira, 27, será o dia D da **Campanha Stop Food Waste Day - Salve o Alimento**, com ações em 10 países, como Estados Unidos, Inglaterra, Canadá, França, Alemanha, Espanha, Turquia, Japão e Austrália. O objetivo é diminuir o desperdício de alimentos e mostrar a importância do aproveitamento completo em receitas saudáveis e sustentáveis. A campanha visa causar impacto social e ambiental para ajudar a melhorar a posição do Brasil, que ocupa o 10º lugar no ranking dos países que mais desperdiçam alimentos. A meta mundial é reduzir o desperdício pela metade até 2030.

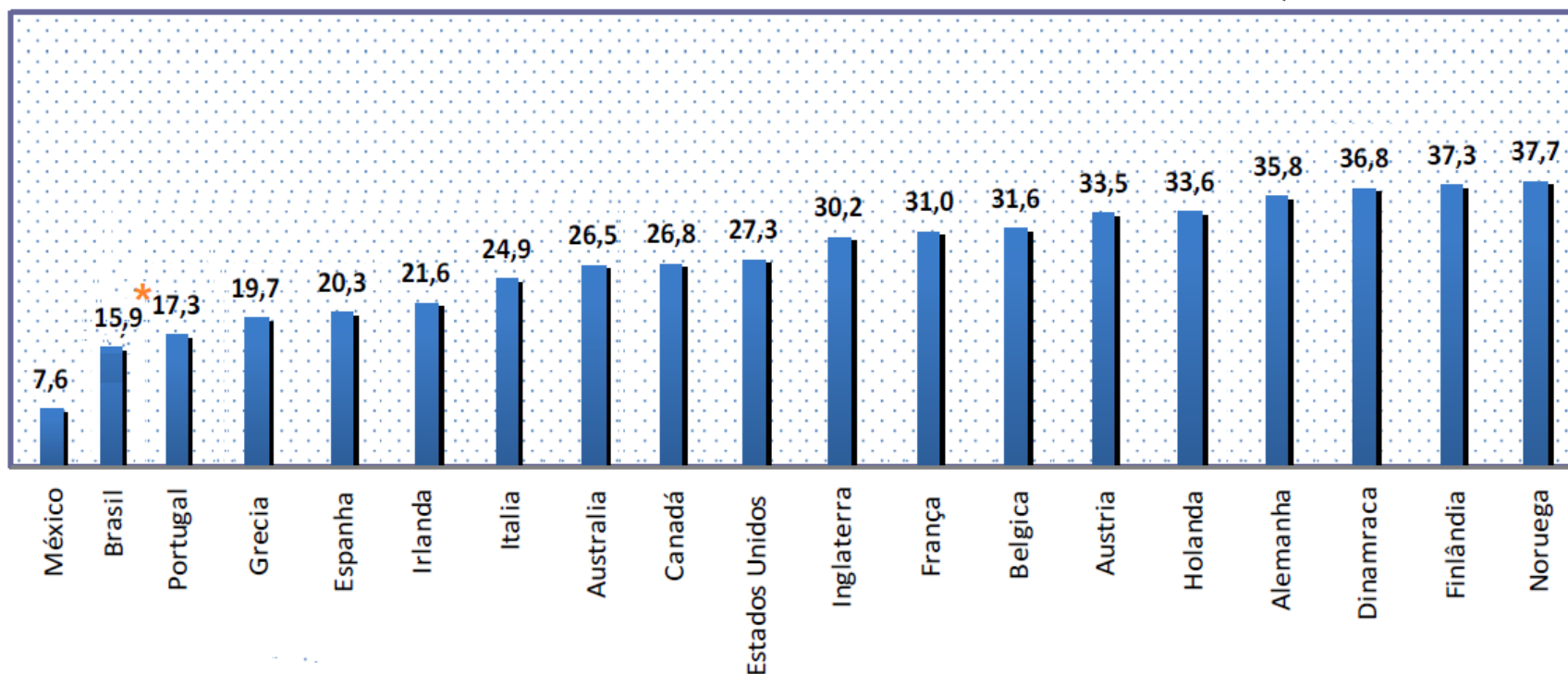
De acordo com a FAO Brasil, órgão da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 28% dos alimentos se perdem no processo de produção agrícola e mais 28% são jogados no lixo após chegarem às casas dos consumidores. Por aqui, 60% do lixo doméstico é resto de comida, que poderia ser aproveitada. No mundo todo cerca de 1,3 bilhão de toneladas de comida são descartadas por ano, enquanto quase 800 milhões de pessoas passam fome.

- Algumas mudanças significativas no perfil e nos hábitos alimentares da população brasileira ocorreram principalmente nos últimos 20-25 anos

Aspectos relevantes a serem considerados:

- Até 1965, 80% da população brasileira estava localizada na zona rural, em 2023, 84,4 % da população está em zonas urbanas (no sudeste 93,14% - censo 2023).
- Taxa de fecundidade - Número de filhos por família: de 8,16 filhos em 1960 para 1,7 a partir de 2013 (se mantém até o presente – 1,62 censo 2023).
- 84,3% de toda a população brasileira (203 milhões) ocupa 0,63% de todo o território nacional (dados de 2017)
- Em 2023, 15,2% da população constituem de “família de um” ou unipessoal - (solteiros, estudantes, separados ou aposentados). Fonte: IBGE
- Segundo a ABRASEL (Associação de Bares e Restaurantes) 34% dos brasileiros acima de 16 anos faz pelo menos uma refeição diária fora do lar (com crescimento de 12% anual) e o delivery é empregado por 60% da população, 2023).

Proporção de unidades domésticas unipessoais - Países selecionados



Fonte: www.oecd.org/els/social/family/database.

* representa 32,3 milhões de residências

Os estudos do emprego da nanotecnologia na área de pós colheita na Embrapa, tem como foco o desenvolvimento de materiais que contribuam na conservação de frutas e hortaliças frescas (“*in natura*”) ou minimamente processada, principalmente das vendas no varejo e no consumo de pequenas quantidades.

A procura por produtos minimamente processados e prontos para o consumo apresenta um crescimento de 6,4% anual com estimativas de atingir valores próximos a US\$ 11,8 bilhões, em escala mundial, até o ano de 2027*

*in: <https://veganbusiness.com.br/processamento-de-frutas-e-vegetais/>

Fresh-cut: cortado fresco



In natura



Ready to eat: pronto para o consumo



No Brasil os segmentos de frutas e hortaliças cortadas encontram-se em franca expansão, representando de 8 a 13% do total de vendas, dependendo do estado*



Fotos: Sandra Sabóia
Rede Pão de Açúcar

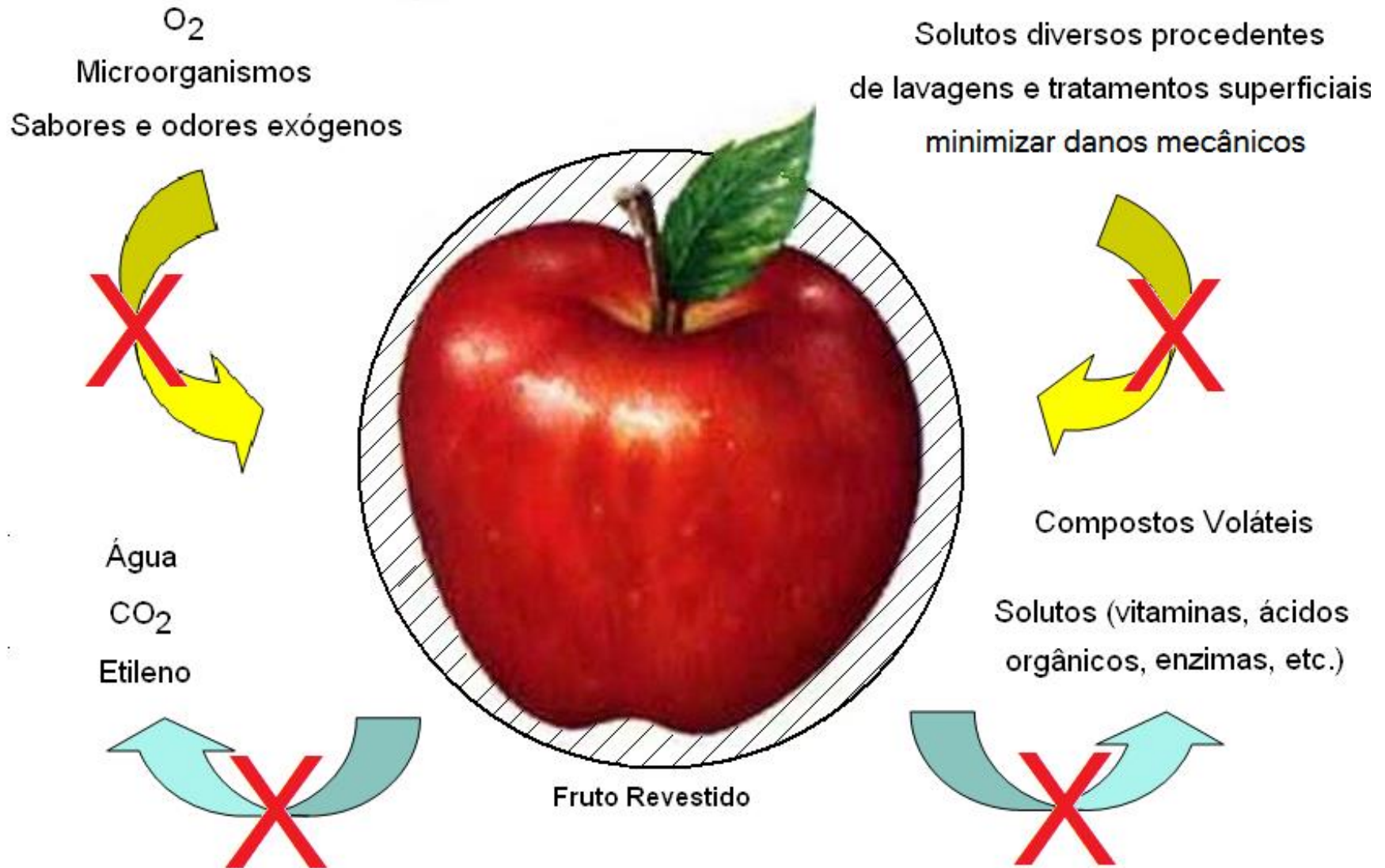
*Silva, N.B & Bueno, S.M. Alimentos minimamente processados:Tendência de Mercado no século XXI. Revista Unilago, 1(1), 12p. 2021

• No que consistem as coberturas comestíveis?

São formulação baseadas em compostos naturais, de origem vegetal ou animal, normalmente com estruturas poliméricas, com ou sem grupos funcionais ativos.

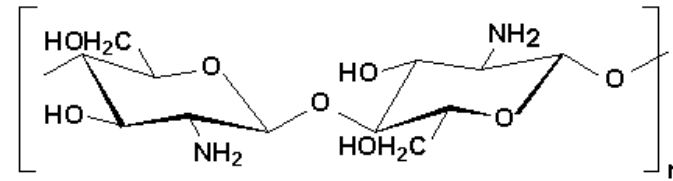
• Quais as características desejadas de um revestimento?

- Retardar o amadurecimento
- Preservar a coloração, perda de nutrientes, frescor e textura
- Elevar resistência reduzindo danos mecânicos (*bruising*)
- Reduzir as trocas gasosas, perdas de água e rancificação
(embalagem de atmosfera modificada)
- Ressaltar características organolépticas como cor, sabor e aroma melhorando o apelo ao consumo direto
- Minimizar infestações por micro-organismos (embalagens ativas)
- Consistir em uma tecnologia simples e economicamente viável

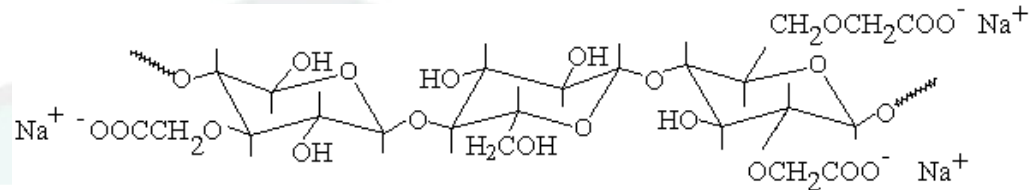


Exemplo de alguns materiais em avaliação na Embrapa:

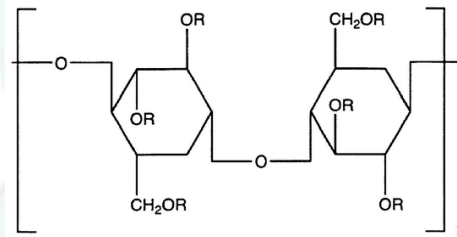
Quitosanas



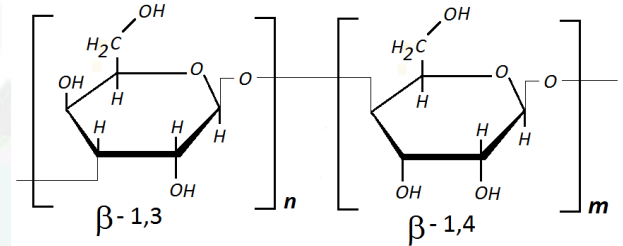
CMC



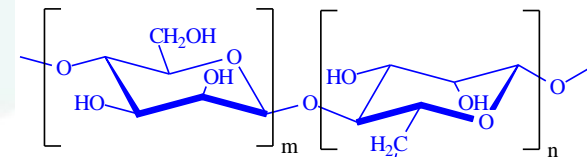
HPMC



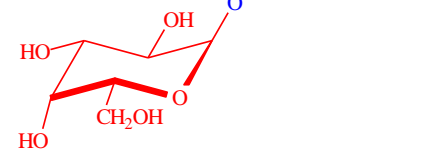
Goma Cajueiro



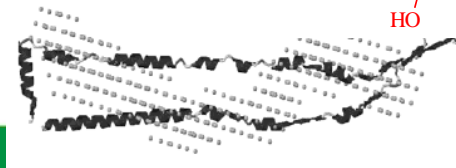
Galactomananas



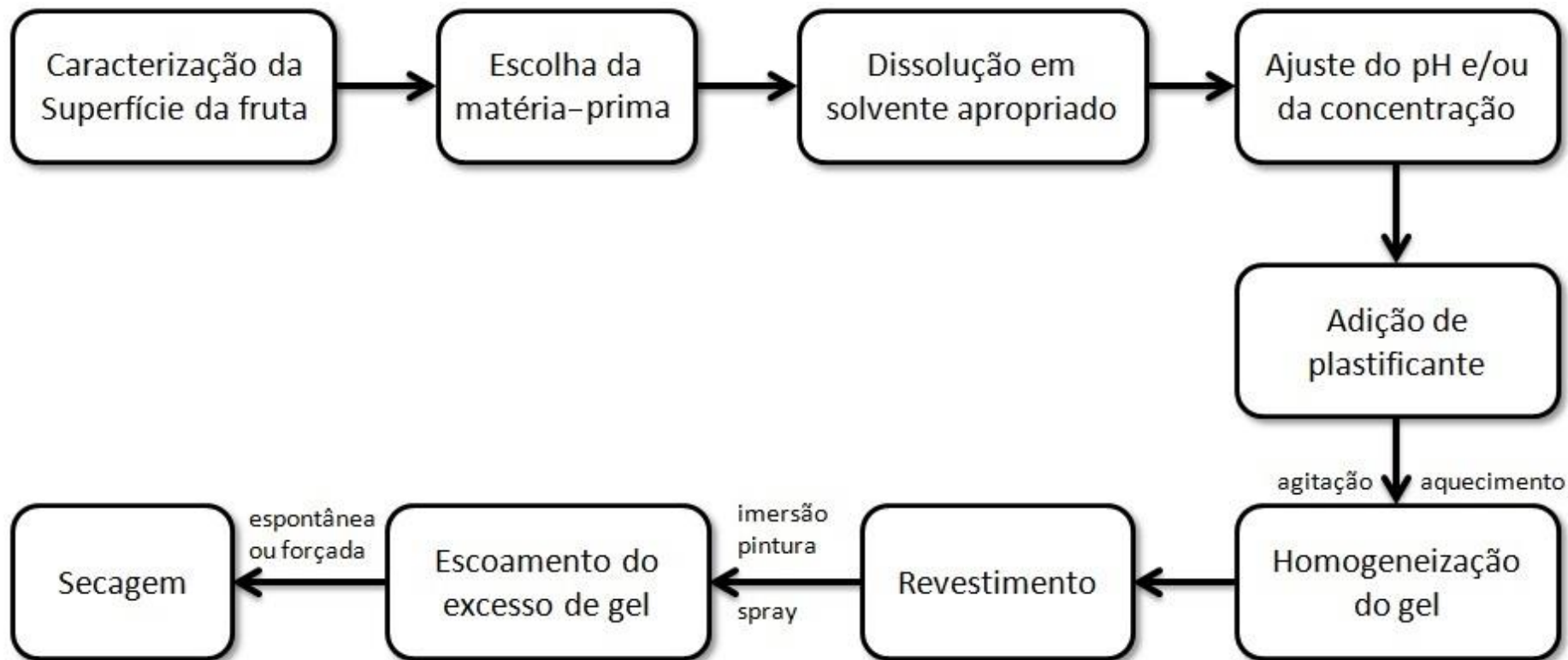
Caseína -Zeínas/Kafirinas



Própolis/Cera de Carnaúba



Procedimento genérico para revestimento em espessura nanométrica



Na Embrapa temos avaliado 2 tipos de coberturas: as contínuas obtidas por imersão e as geradas por aspersão de nanopartículas

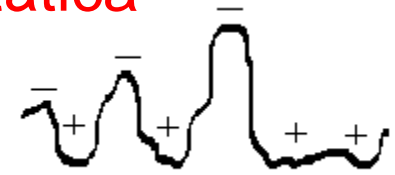
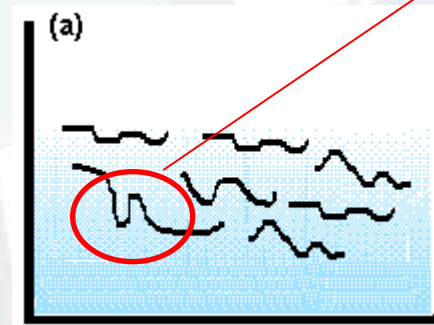


Embrapa Instrumentação
São Carlos, SP.

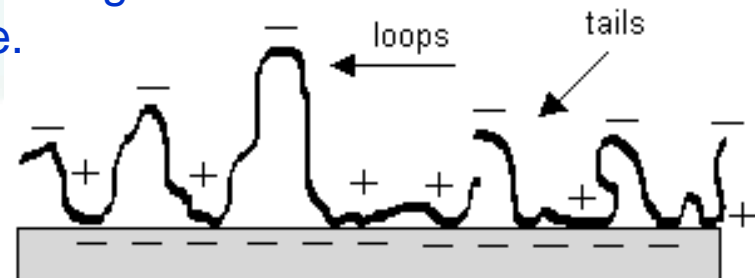
Por cadeias dispersas via Interação eletrostática

Polímeros isolados em Solução:

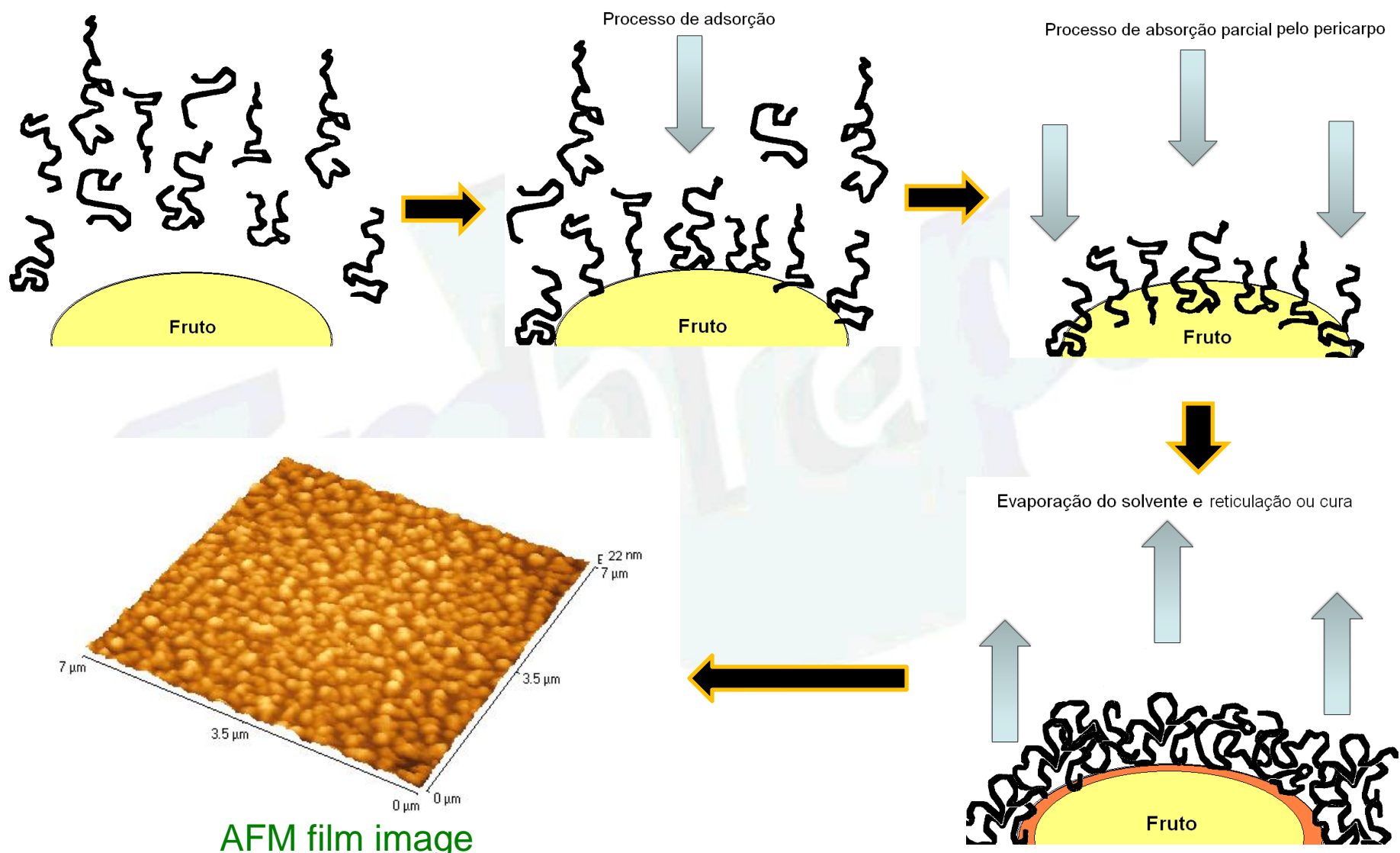
Polímeros são cadeias moleculares que na presença de soluto adequado adquirem cargas assumindo uma conformação linear (polieletrólito).



Na presença de uma superfície substrato com cargas as cadeias são atraídas eletrostaticamente e adsorvidos na superfície.

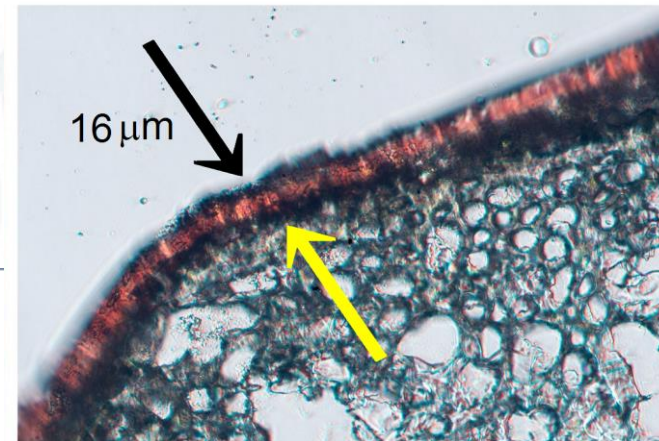
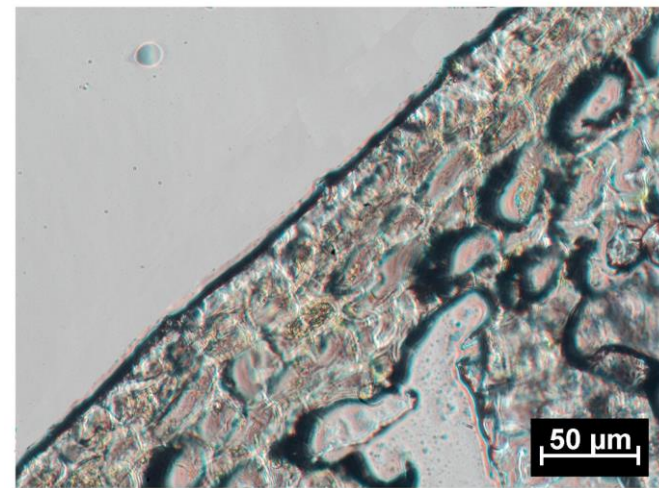
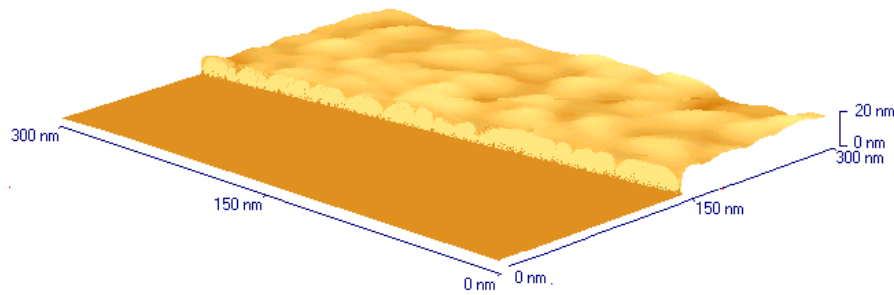


Formação de cobertura por imersão



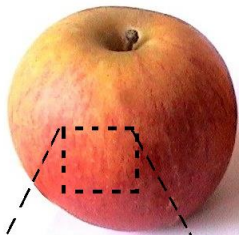
AFM film image

Exemplo de Análise Estrutural de Coberturas Comestíveis por AFM e Microscopia ótica (invertida)



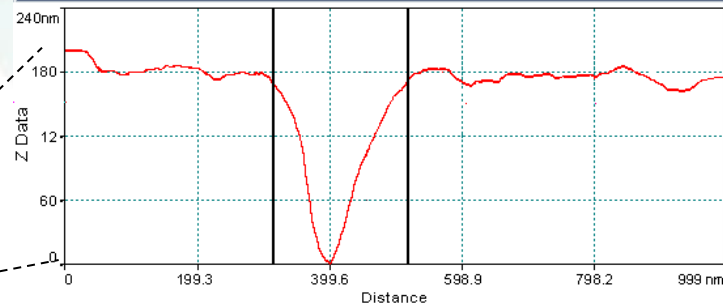
com cobertura

sem cobertura



Result:

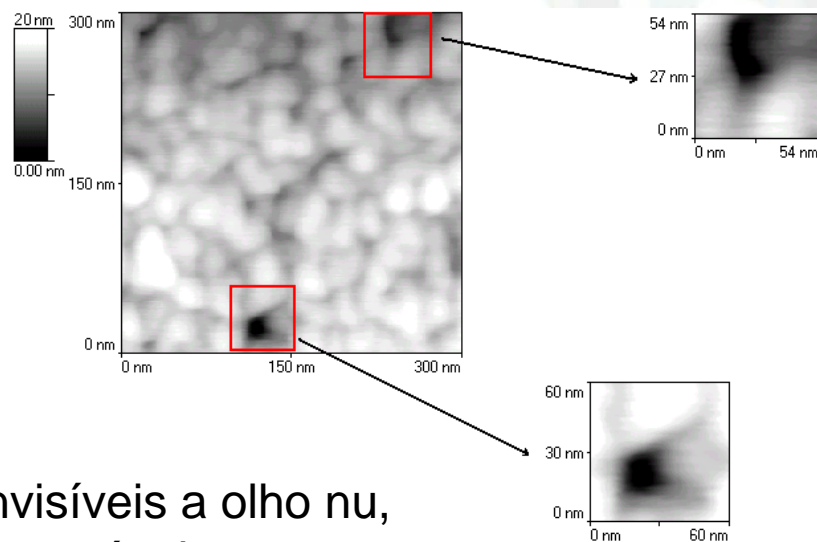
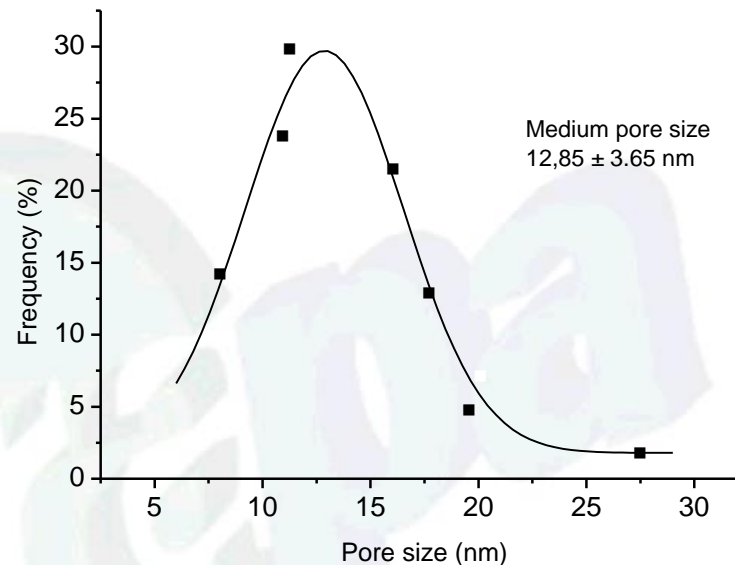
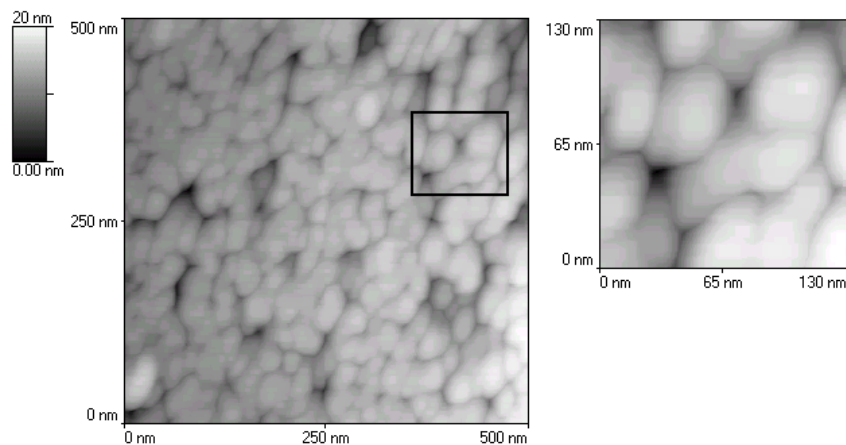
	X(nm)	Y(nm)	Z(nm)
Point1:	321.4	168.9	100.07
Point2:	537.9	169.0	107.27
Diff:	-216.5	0.0	6.5
Length:	216.987 nm		27
Pt Angle:	2.32°		



CMC sobre goiaba

Assis & Britto. *Polym Int.* 60: 932-936 (2011)

Características da cobertura de quitosana formada sobre maçã - AFM



Invisíveis a olho nu,
detectáveis por
microscopia

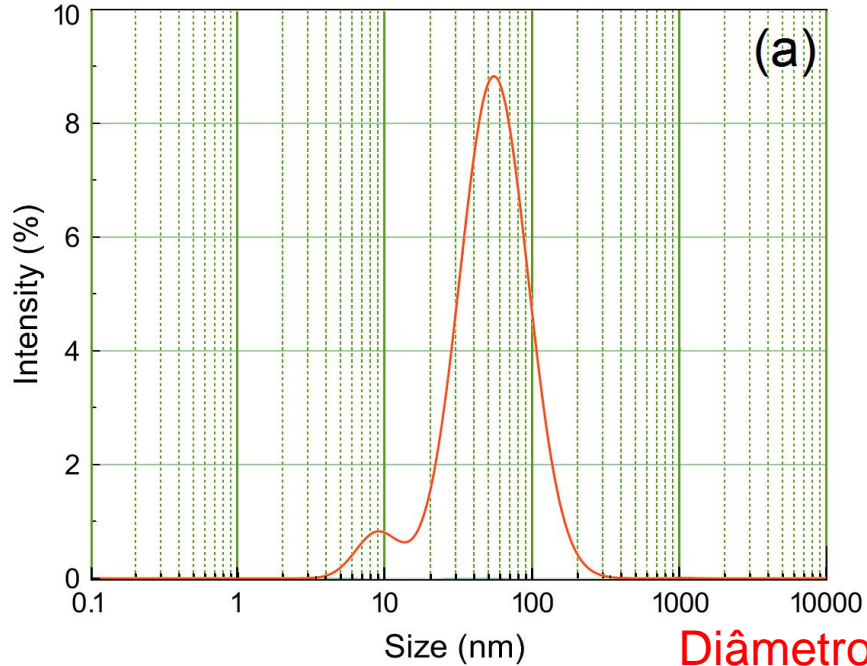
Uma baixa permeação do
oxigênio é desejável para
evitar a fermentação
anaeróbica

Formação de coberturas por aspersão de nanopartículas

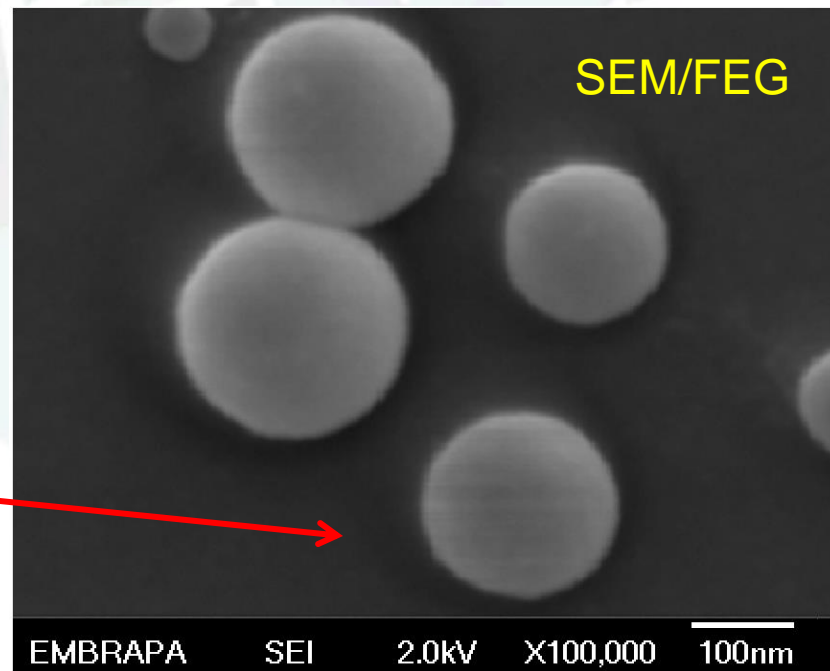
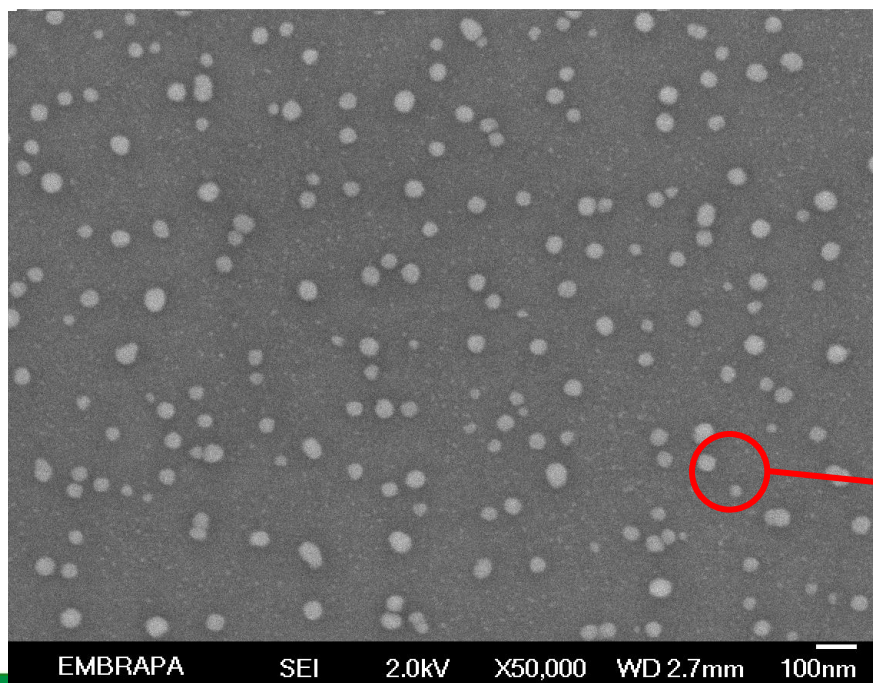
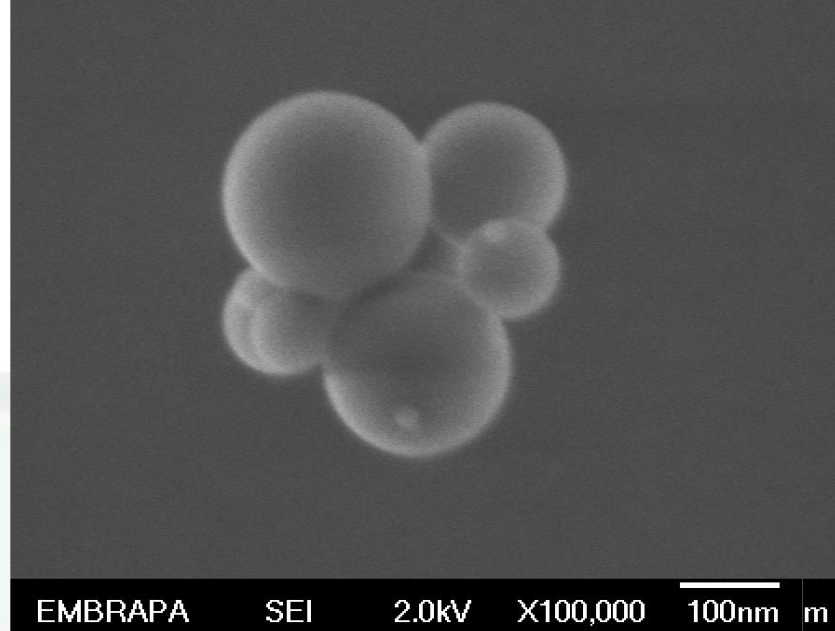


Embrapa Instrumentação
São Carlos, SP.

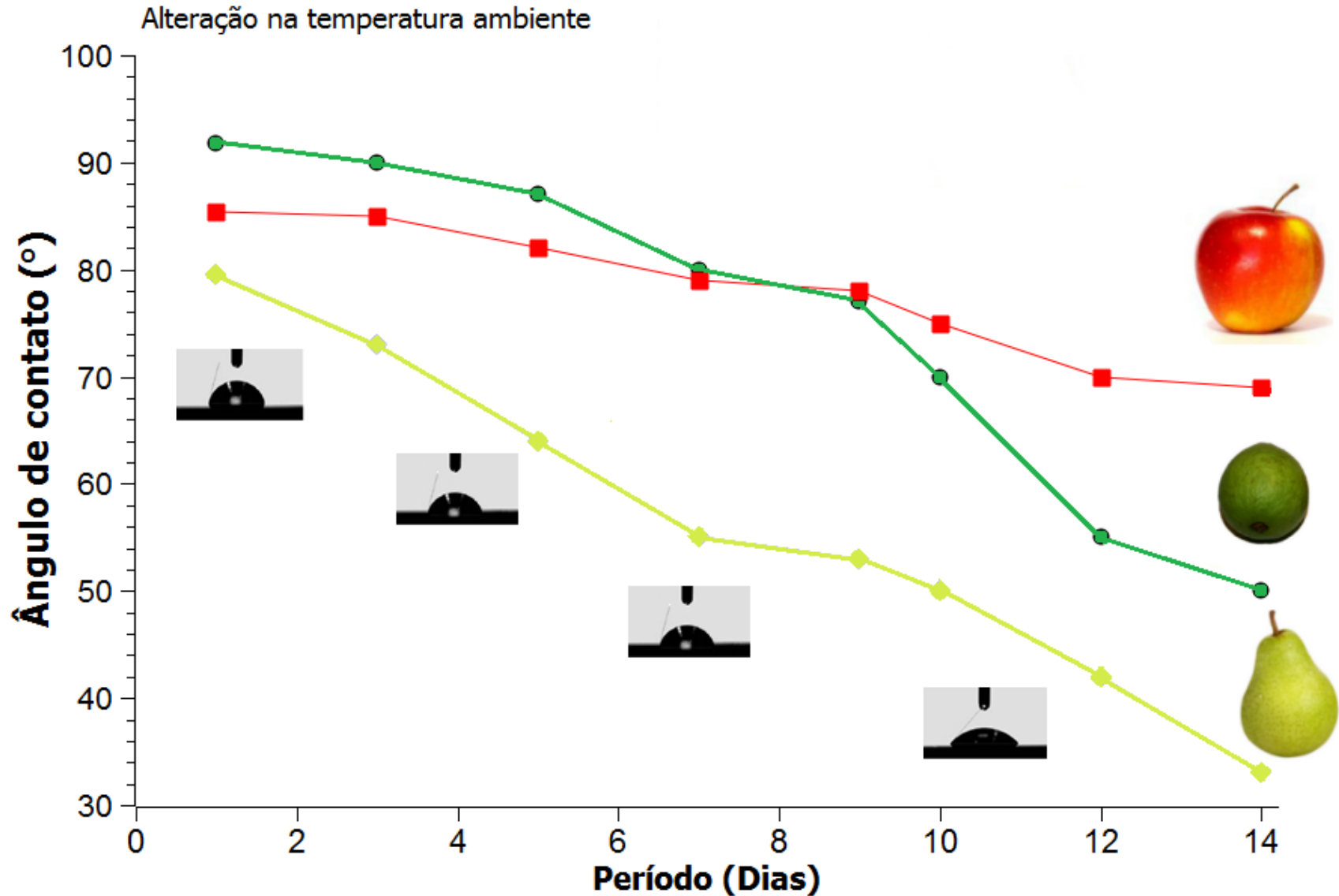
odilio.assis@embrapa.br



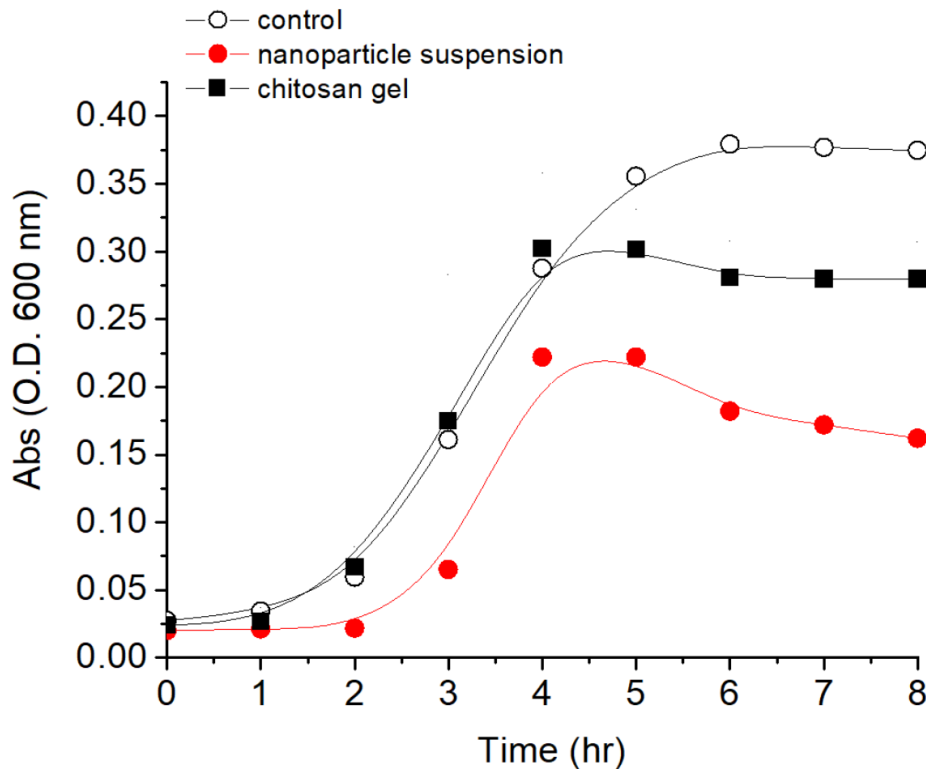
Diâmetro médio 86 nm



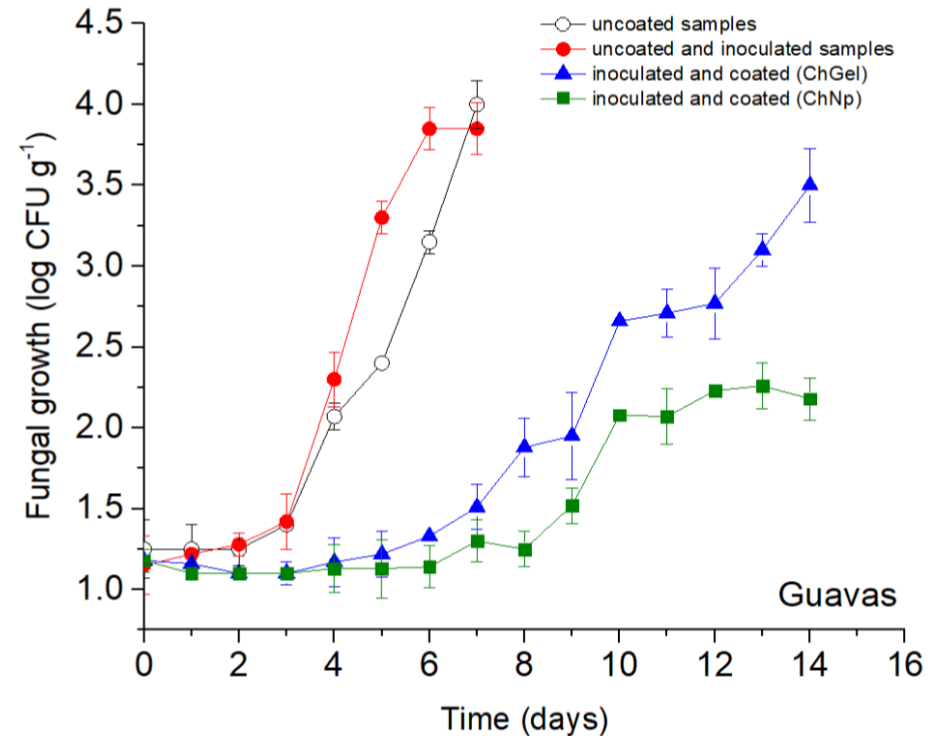
As características superficiais mudam rapidamente após a colheita demandando ajustes nas formulações



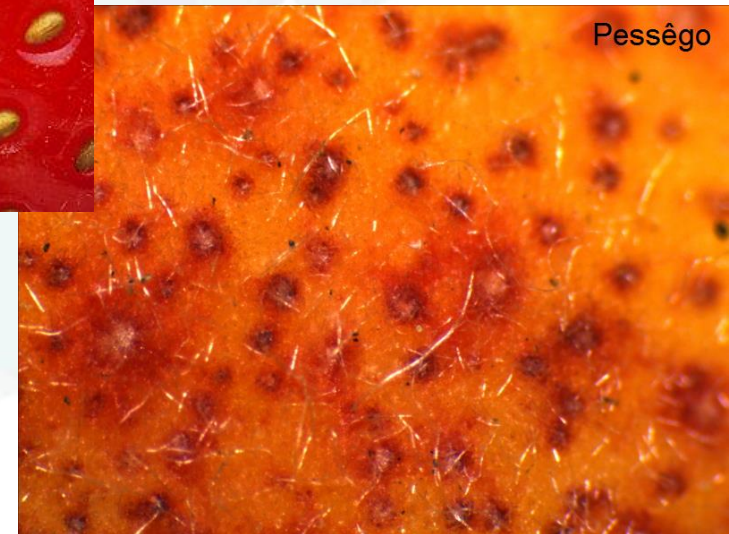
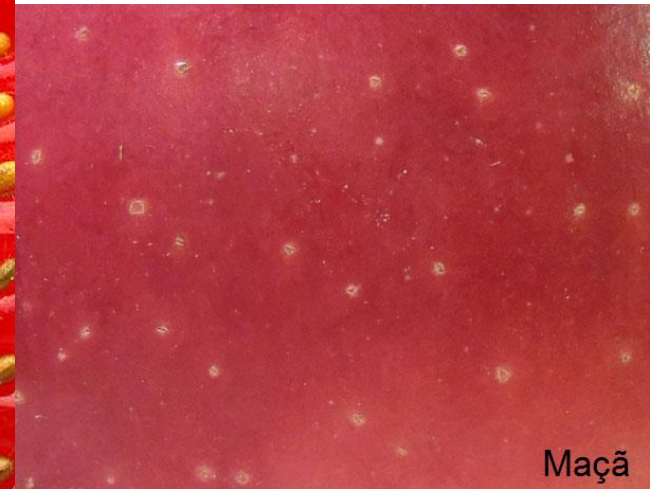
Do ponto de vista antimicrobiana há uma aumento da atividade das nanopartículas com respeito às coberturas contínuas



Growth profile for *E. coli* assayed by turbidity method of culture fluid 600 nm at 37 °C



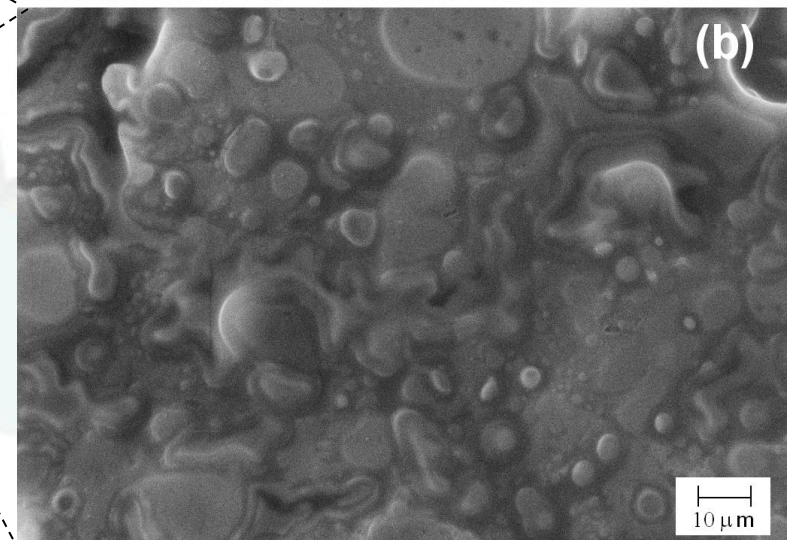
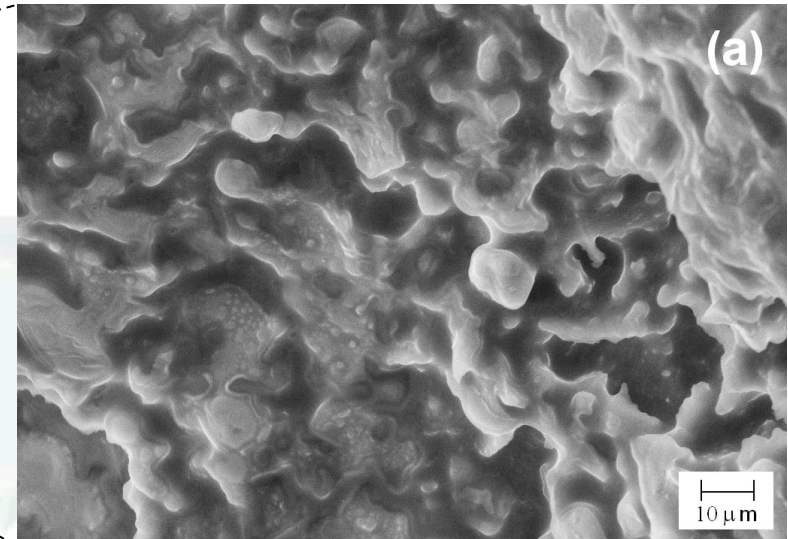
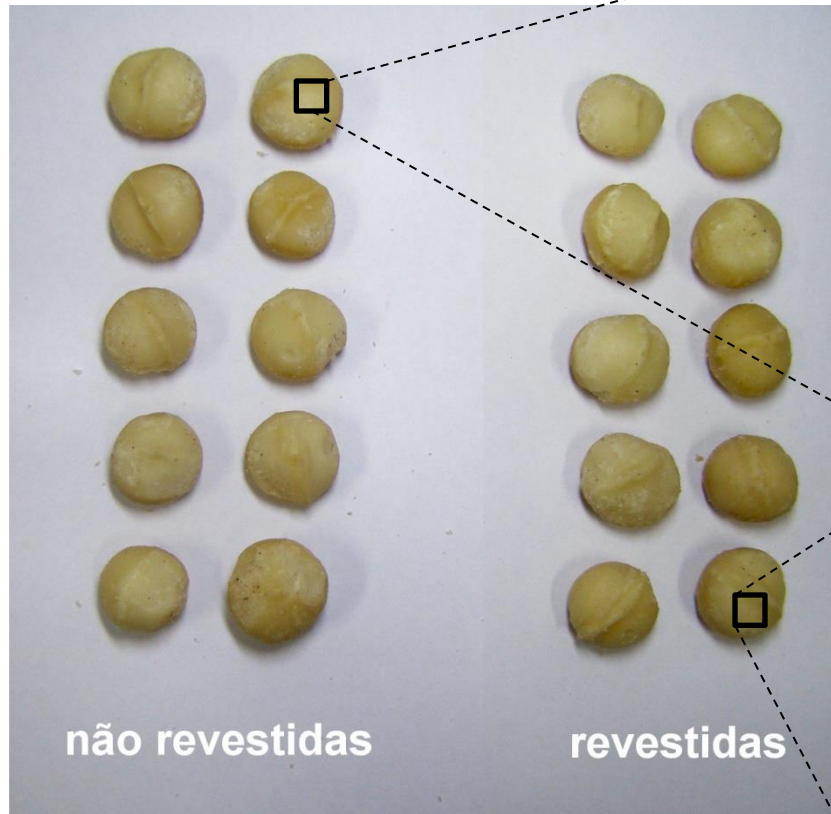
Alternaria alternata



Além das alterações físico-químicas, as características da superfície da fruta são fundamentais para definir que tipo de cobertura será empregada

Exemplos de avaliações na Embrapa

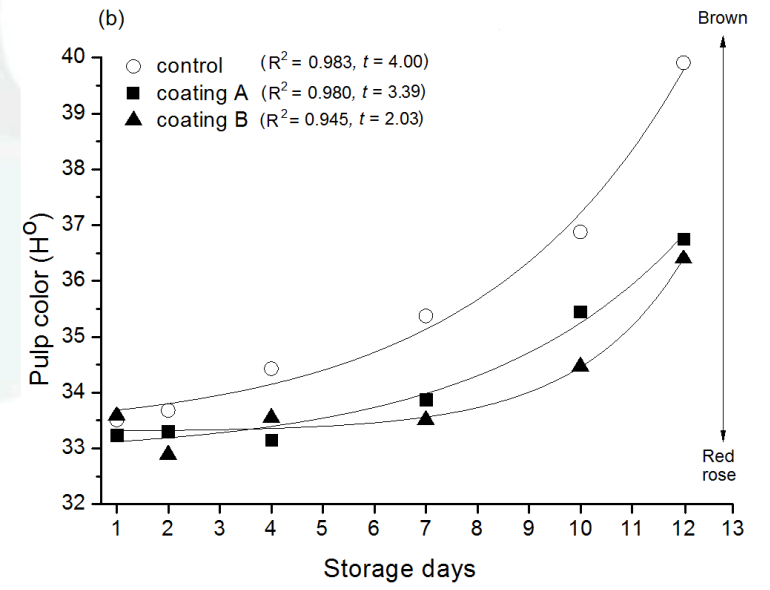
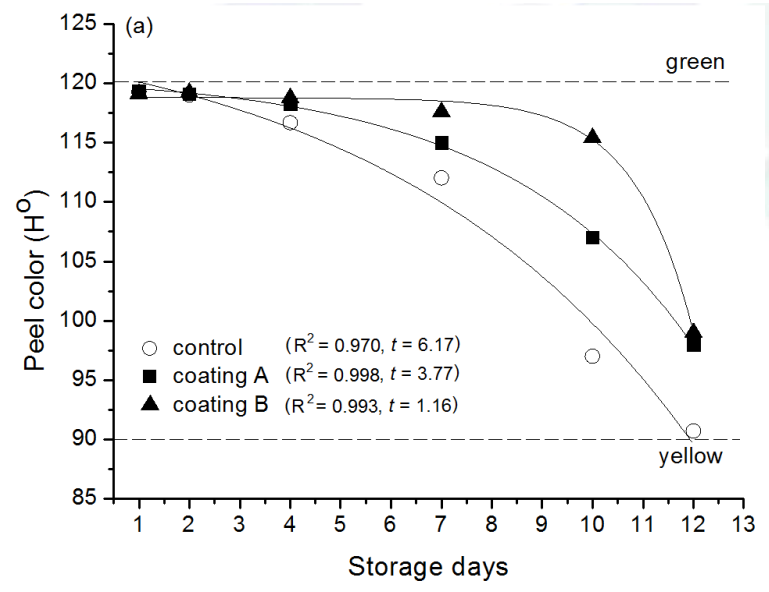
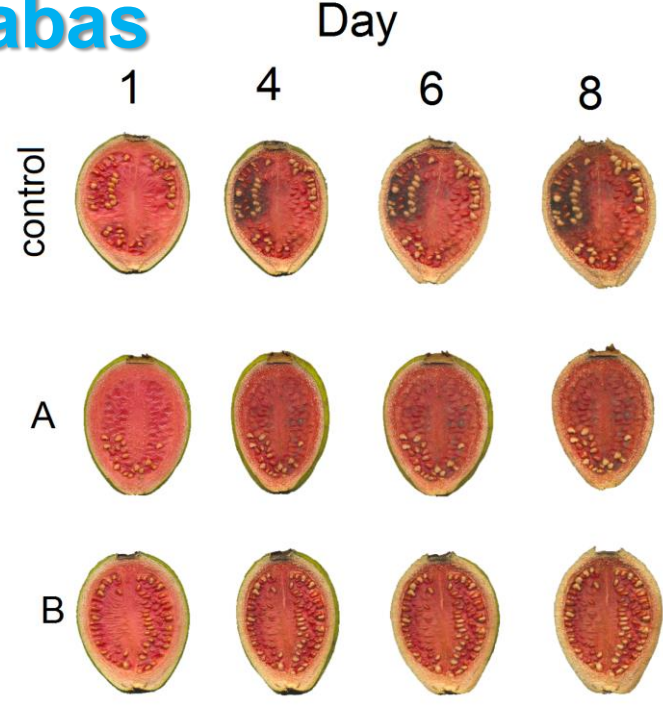
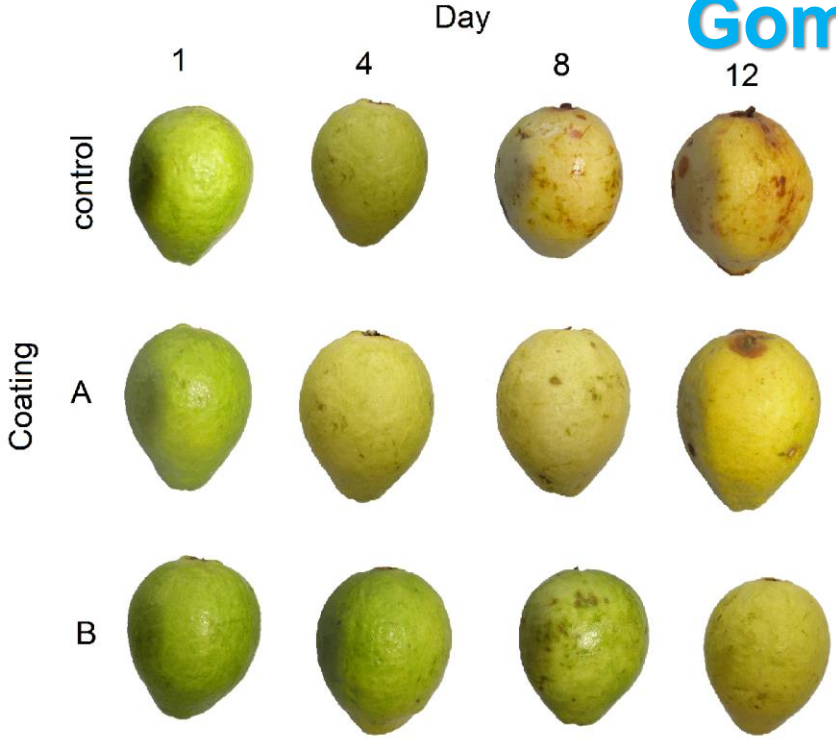
Macadâmia revestidas com zeínas + plastificantes



Colzato, M. et al., **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35[6], p. 790-796, 2011.

Sob microscopia eletrônica: (a) superfície não-revestida
(b) superfície revestida

Gomas em goiabas



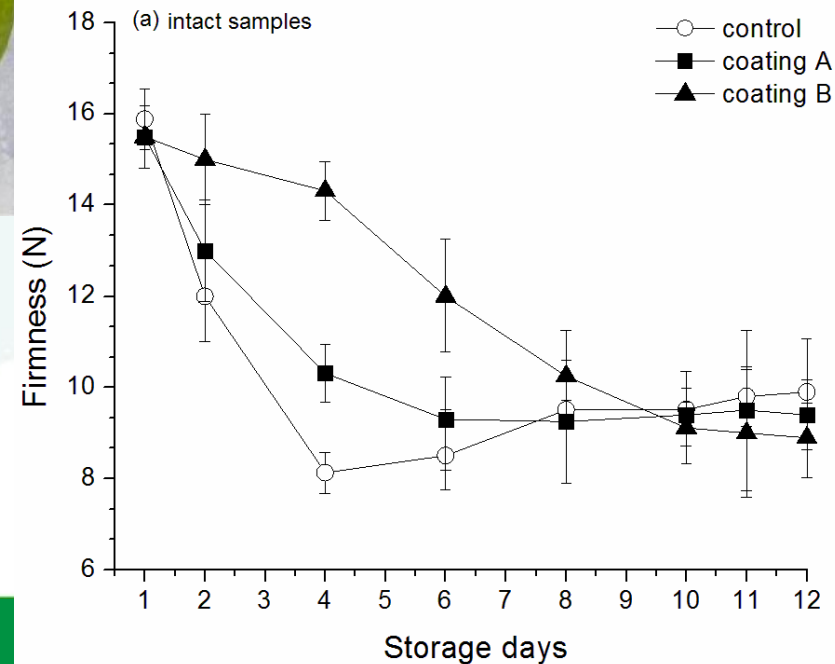
Forato, L.A et al., Food Pack Shelf Life 2 (2015):68

NÃO REVESTIDAS

REVESTIDAS



16 dias



Scramin, A. et al., Intern. J. Food Sci. Tech. 46 (2011):2145-2152

Alhos em dentes - Gomas e quitosana



Britto, D & Assis, O.B.G. **Pack. Tech. Sci.** 23 (2010):111-119

Maçãs *in natura* (22 dias)

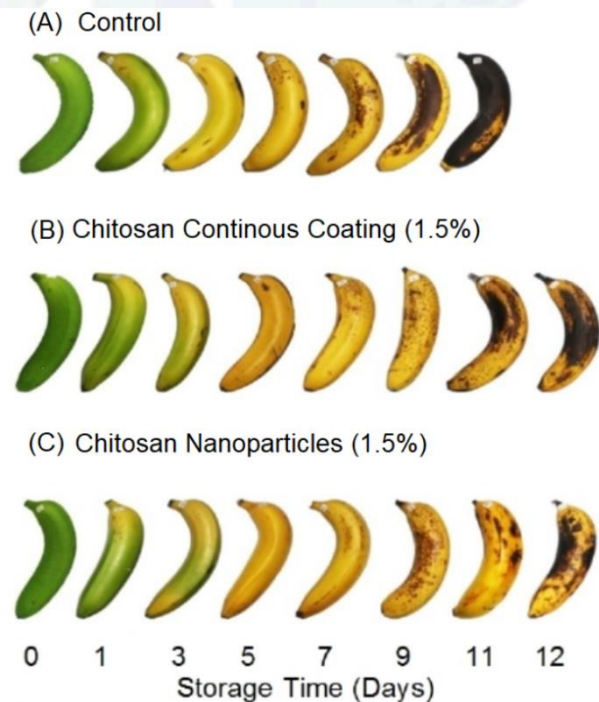


Assis, O.B.G. **Braz. J. Food Tech.**, v. 7, n.1, p. 17-22, 2004

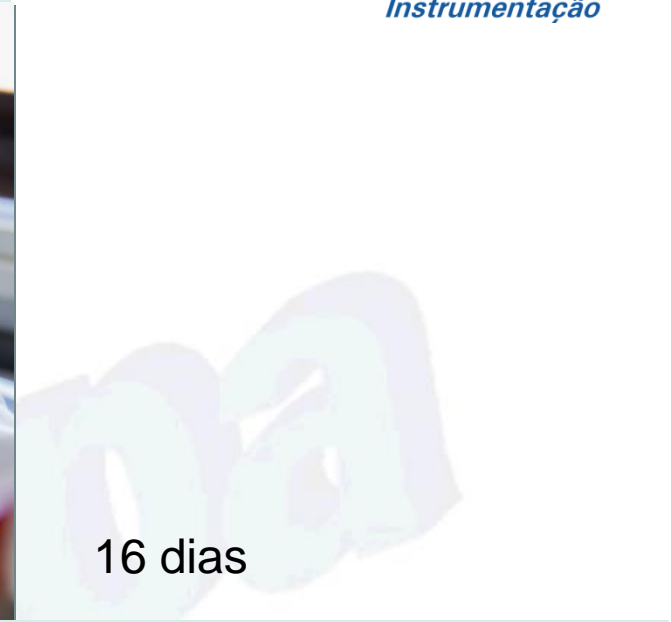
Nanopartículas sobre maçãs processadas



Pilon, L. et al., **Int. J. Postharvest Techn. Innovation** 63 (2013): 151-164



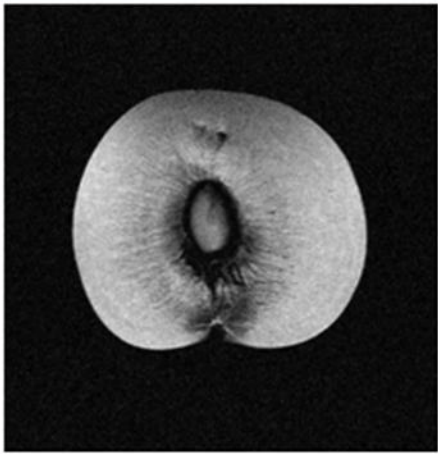
Emulsões nanoparticuladas sobre tomates



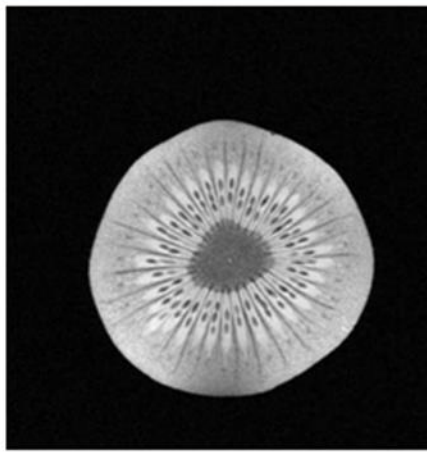
16 dias



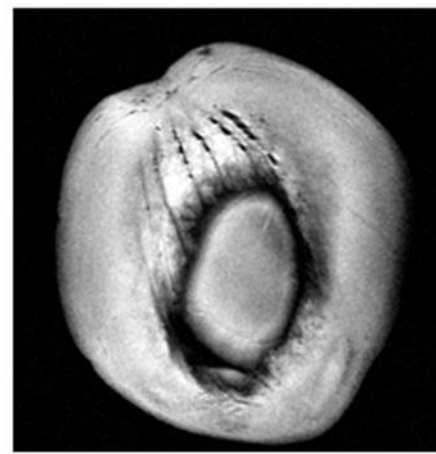
Tomografia de Ressonância Magnética em frutos revestidos



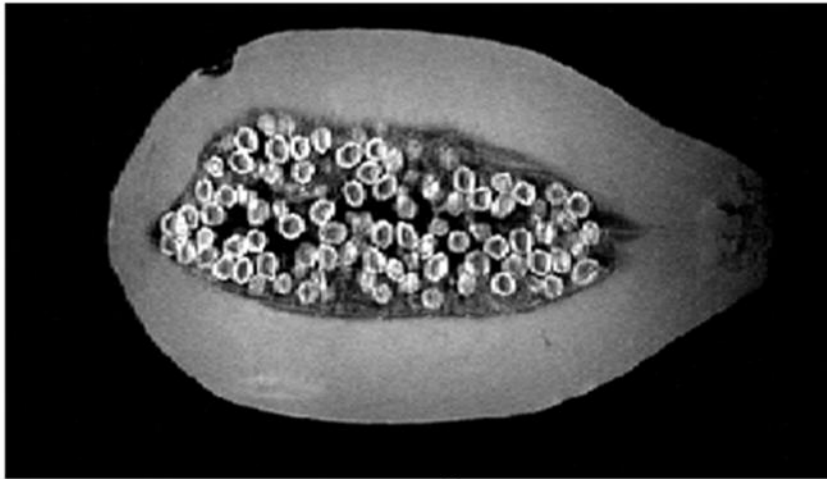
pessego



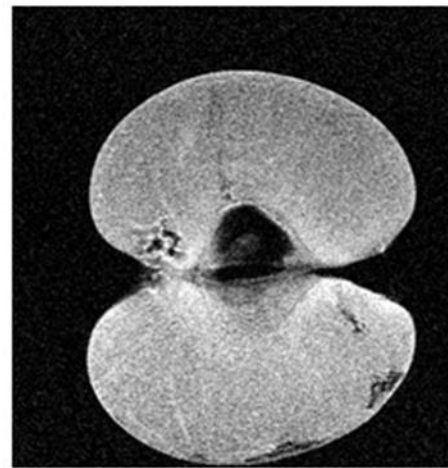
kiwi



manga



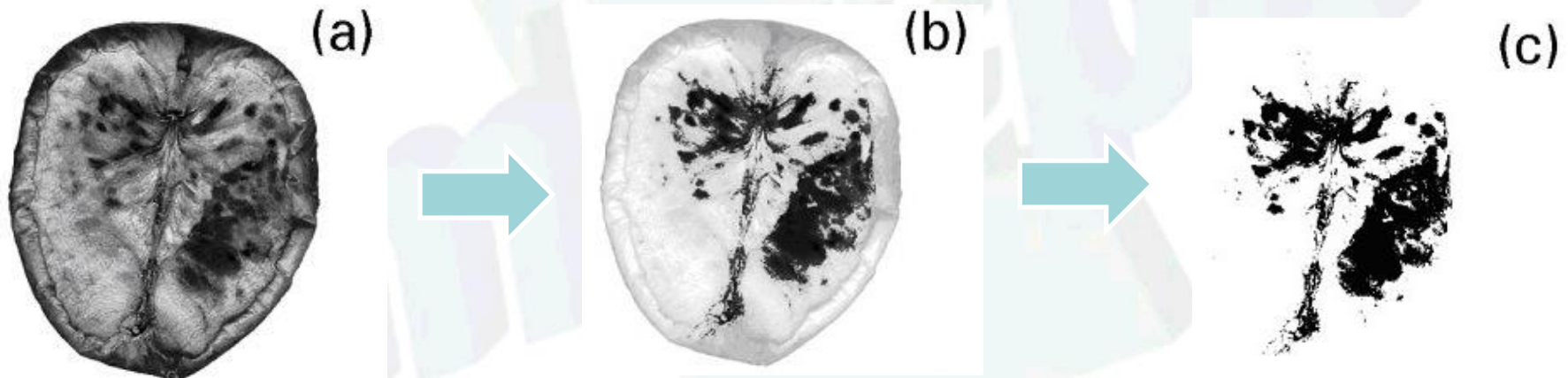
papaia



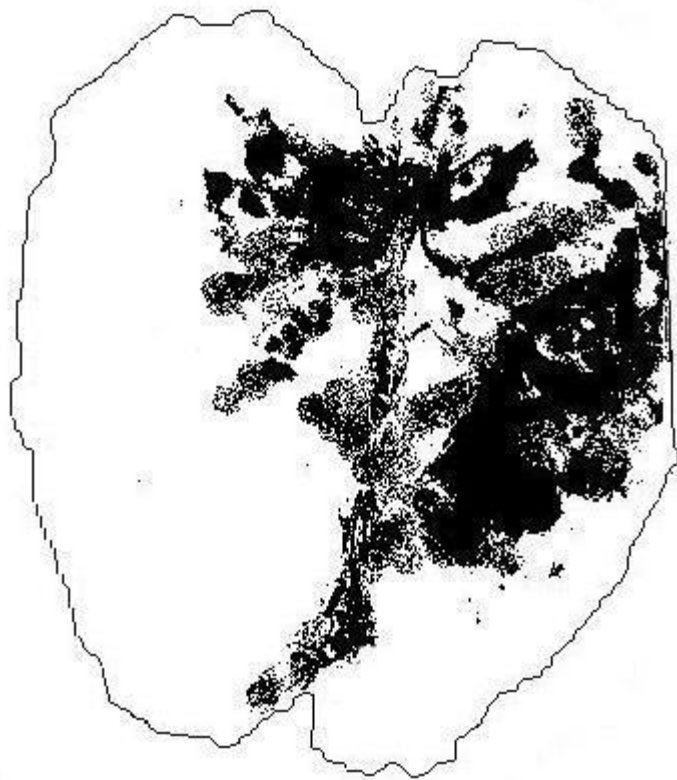
maçã



Quitosana sobre maçã fatiada: Acompanhamento por análise de imagens da infestação por fungos

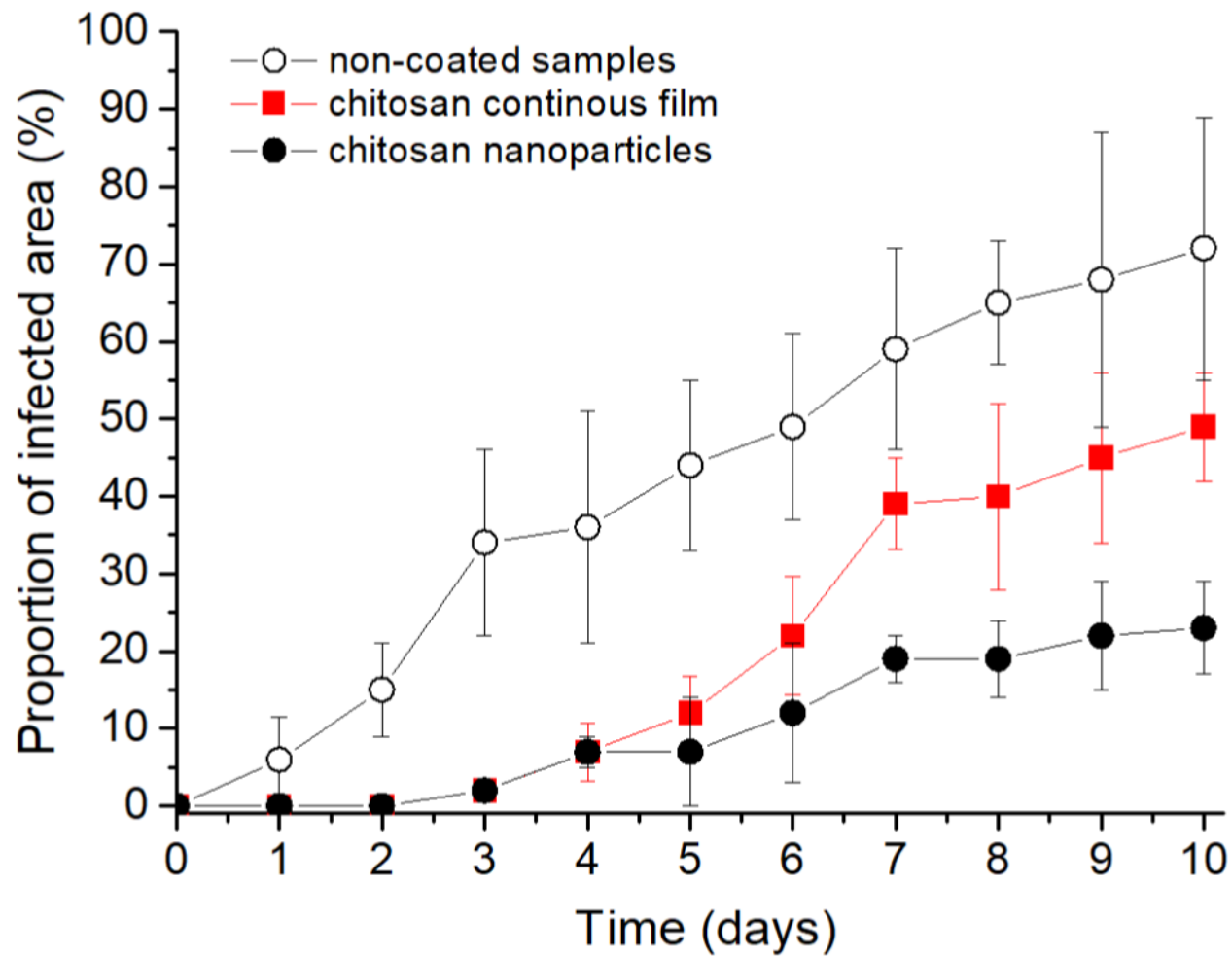


Free software Image Tool v.3 from UTHSCSA (disponível em <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>).



Área infectada :

57.5 %



Desenvolvida no LNNA

Nanotecnologia
A SERVIÇO DO CONSUMIDOR



TANWAX C 18 NANO



Empresa produtora

AgroFresh

We Grow Confidence

Distribuidora
(líder mundial)

Já foram comercializados mais de 80 toneladas da nanoemulsão no Brasil e no exterior

Sendo que para 1 litro de nanoemulsão pode preparar até 1 ton de revestimento de fruto



No Brasil há produtos para revestimento desenvolvido pela Veros (Guarulhos): Teve lançamento em setembro de 2018 na Embrapa.



www.veros.com.br/proces.php

VEROS

Produtos Químicos

Desde 1.973, produzindo soluções com qualidade

Quem somos | Dióxido de cloro | Limpeza | Desinfecção | Processamento | Terceirização | Contato

PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

Os Produtos para Processamento de Alimentos são utilizados em etapas da cadeia de produção, como aditivo ou coadjuvante, diretamente nos alimentos (**Veromax 80**) ou no processo na pré-lavagem de Hortifrutícolas (**Bioverospol IMF ou V**)

Linha de Produtos

VEROMAX 80	Dióxido de Cloro Estabilizado em Solução Aquosa (8%). Bactericida • Fungicida • Viricida • Algicida • Desodorizante.	LITERATURA FISPQ
BIOVEROSPOL IMF	Sabão alcalino à base de coco babaçu (com leve odor de coco). Utilizado para pré-lavagem de hortifrutícolas.	LITERATURA FISPQ
BIOVEROSPOL V	Detergente líquido, neutro, biodegradável, concentrado e inodoro para pré-lavagem de hortifrutícolas.	LITERATURA FISPQ

VEROS PRODUTOS QUÍMICOS LTDA

FONES: 11 2345-5077 / 2347-1677 / 5730-5554 FAX: 11 2345-6825 E-MAIL: veros@uol.com.br Skype: veros.skype
END.: Av. Prof. Luis Ignácio de Anhaia Mello, 1.268 - São Paulo / SP - Brasil - CEP: 03154-100

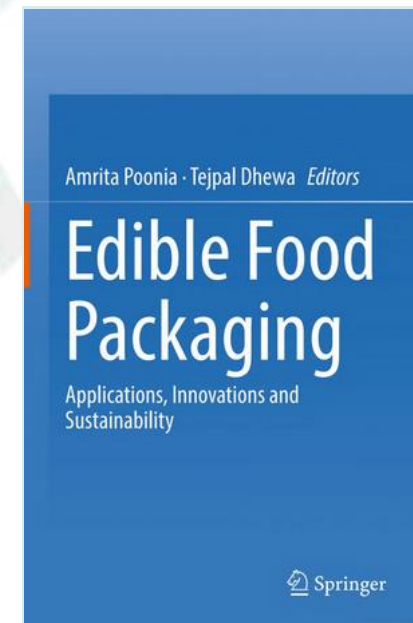
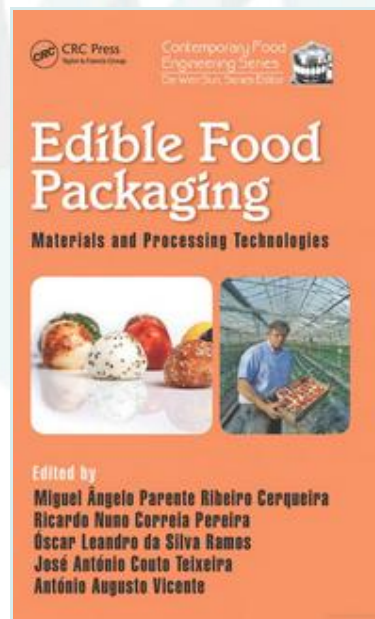
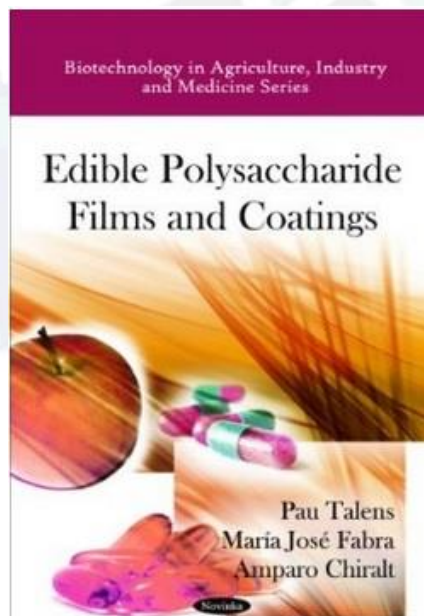
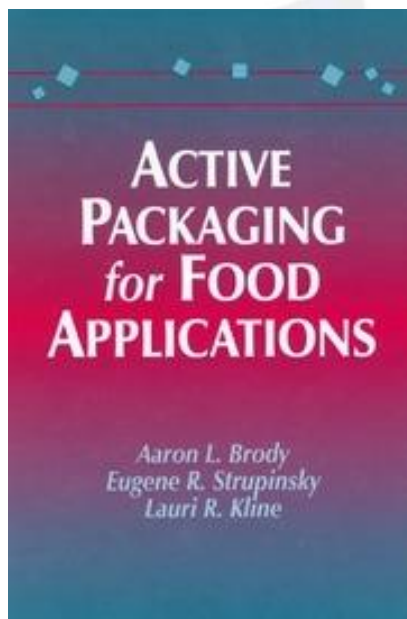
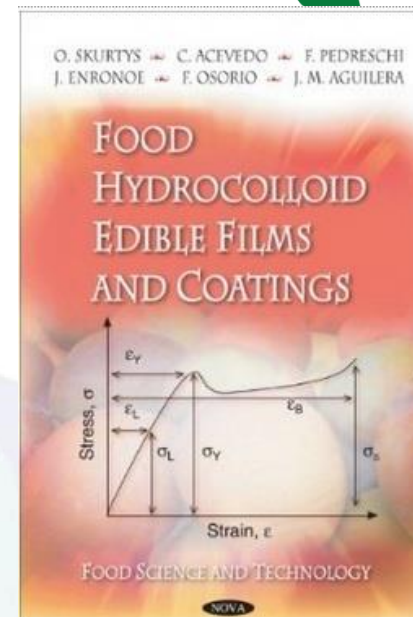
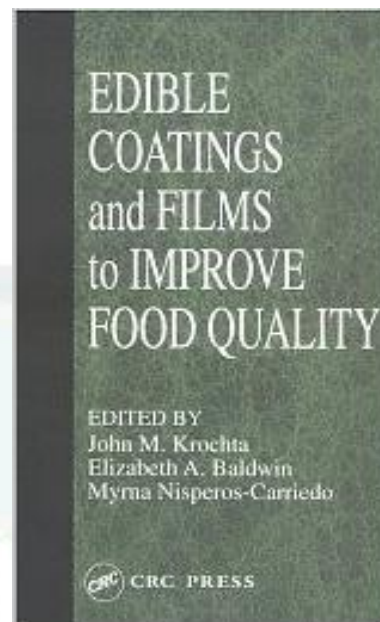
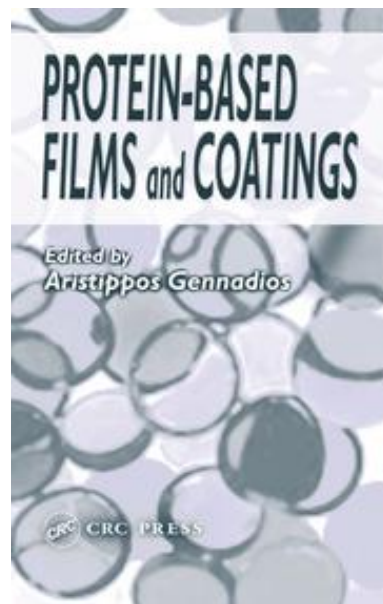
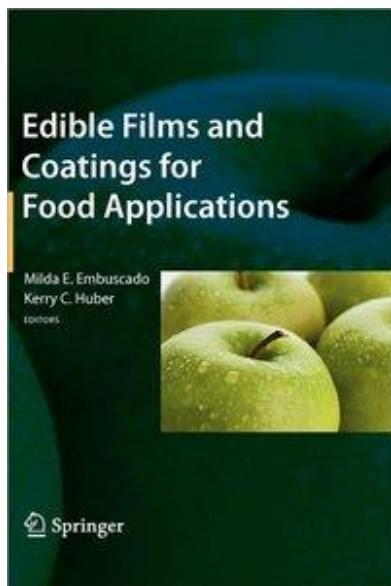
Veros (www.veros.com.br) - Brasil

Produtos: Verox Green
Verox Fruit
Verox Veg

Fatores limitantes para uma maior aplicação no Brasil

- Não há uma formulação universal
- Matéria prima
- Ausência de uma legislação específica
- Mão de obra qualificada/firmas especializadas
- Custo/benefício

Literatura no assunto





Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações

Review: edible protective coatings for fruits: fundamentals and applications

Autores | Authors

✉ Odílio Benedito Garrido ASSIS

Embrapa Instrumentação
Rua XV de Novembro, 1452
CEP: 13560-970
São Carlos/SP – Brasil
e-mail: odilio.assis@embrapa.br

Douglas de BRITO

Embrapa Semiárido
Petrolina, PE – Brasil
e-mail: douglas.brito@embrapa.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 05/12/2013

Aprovado | Approved: 16/07/2014

Publicado | Published: jun./2014

■ Resumo

O emprego de coberturas comestíveis na conservação de frutas na condição pós-colheita, sejam intactas ou minimamente processadas, tem sido preconizado como uma tecnologia emergente e de grande potencial, principalmente para aplicações sobre frutas de origem tropical. Diversos biopolímeros têm sido avaliados na formulação dessas coberturas e, neste texto, apresentamos, de forma geral, os principais conceitos físico-químicos envolvidos no processo, com o objetivo de subsidiar uma escolha que possa gerar uma maior eficiência da cobertura formada. Alguns exemplos de aplicação, com base na literatura, são apresentados a título ilustrativo. É importante notar que não há uma cobertura "universal", ou seja, uma formulação que possa ser aplicada a qualquer fruta indiscriminadamente. A escolha do material apropriado dependerá das características da fruta, do biopolímero e dos objetivos almejados para o revestimento.

Palavras-chave: Coberturas comestíveis; Biopolímeros; Conservação pós-colheita.

■ Summary

The use of edible coatings to preserve post-harvest fruits in the intact or slightly processed forms, has been advocated as an emerging technology with great potential for application in fruits, especially those of tropical origin. Several biopolymers have been evaluated in formulating these coatings and this review presents the main physicochemical concepts related to the coating formed in a general way. Some examples of their applications, available in the literature, are also presented for illustrative purposes. It is important to note the absence of a "universal" coating, that is, a formulation suitable for application to any fruit indiscriminately. The ideal choice depends on the fruit, the biopolymer and the aims targeted for the coating.

Key words: Edible coatings; Biopolymers; Post-harvest conservation.

Edible Coatings and Films to Improve Food Quality

SECOND EDITION



EDITED BY
Elizabeth A. Baldwin
Robert Hagenmaier • Jinhe Bai



biblioteca@cnpdia.embrapa.br



<https://www.agropediabrasilis.cnptia.embrapa.br/web/agronano-rede>

Obrigado !!

odilio.assis@embrapa.br