

Perspectivas para a Produção do Etanol Lignocelulósico

SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA

Gildo Almeida da Silva

gildo@cnpuv.embrapa.br

Microbiologia Aplicada

Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho/BG/RS

Um povo tecnologicamente maduro,
mostra a chegada
mas nunca o trajeto

Sinal Externo do Interesse pela Lignocelulose

- "We'll also fund additional research in cutting-edges methods of producing ethanol, not just from **corn** (bE=1,29:1), but from **wood chips** and **stalks** or **switchgrass**"

Sinal Externo do Interesse pela Lignocelulose

- "We'll also fund additional research in cutting-edges methods of producing ethanol, not just from **corn (bE=1,29:1)**, but from **wood chips and stalks or switchgrass**"

- President

George

W.

Bush, 2006

Sinal Externo do Interesse pela Lignocelulose

- "We'll also fund additional research in cutting-edges methods of producing ethanol, not just from **corn (bE=1,29:1)**, but from **wood chips and stalks or switchgrass**"
- President George W. Bush, 2006
- Países europeus com o tamanho de um Estado brasileiro esboçam interesse no programa de etanol a partir de lignocelulose **como um todo?**

Sinal Externo do Interesse pela Lignocelulose

- "We'll also fund additional research in cutting-edges methods of producing ethanol, not just from **corn (bE=1,29:1)**, but from **wood chips and stalks or switchgrass**"
- President George W. Bush, 2006
- Países europeus com o tamanho de um Estado brasileiro esboçam interesse no programa de etanol a partir de lignocelulose **como um todo?**
- Não

Sinal Interno do Interesse pela Lignocelulose

- "We'll also fund additional research in cutting-edges methods of producing ethanol, not just from sugarcane (bE=1:3,24), but from wood chips and stalks or switchgrass"

Sinal Interno do Interesse pela Lignocelulose

- "We'll also fund additional research in cutting-edges methods of producing ethanol, not just from sugarcane (bE=1:3,24), but from wood chips and stalks or switchgrass"

- Sinal verde do governo brasileiro

Sinal Interno do Interesse pela Lignocelulose

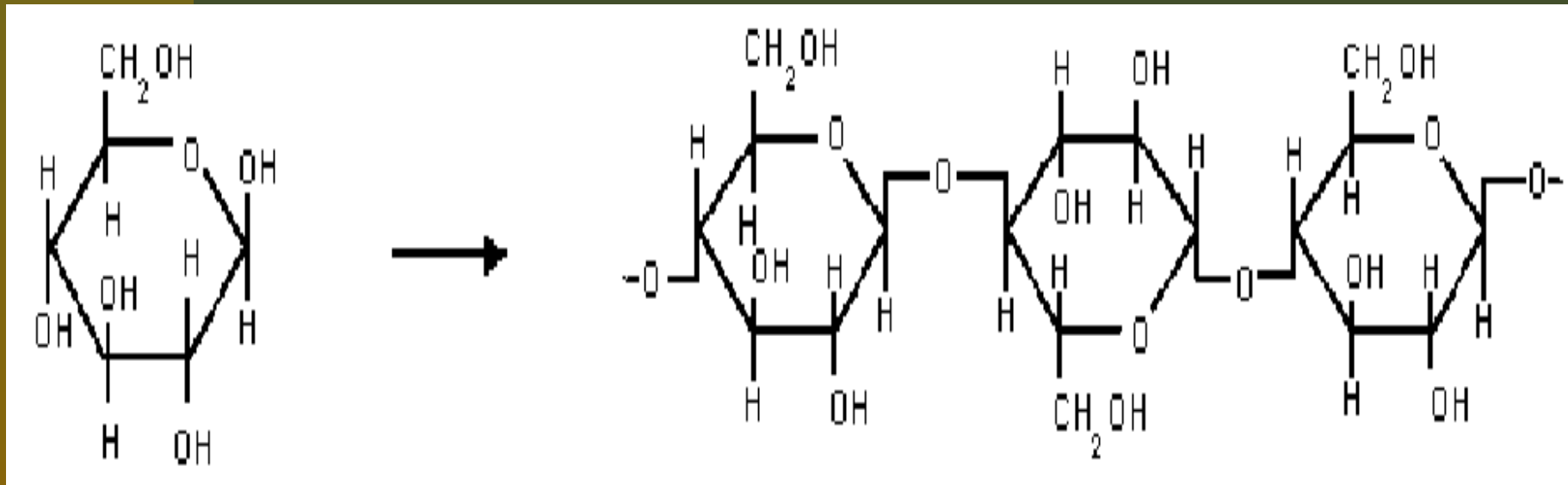
- "We'll also fund additional research in cutting-edges methods of producing ethanol, not just from sugarcane (bE=1:3,24), but from wood chips and stalks or switchgrass"
- Sinal verde do governo brasileiro
- Países europeus com o tamanho de um Estado brasileiro esboçam interesse sobre alguma parte do programa de etanol a partir de lignocelulose?

Sinal Interno do Interesse pela Lignocelulose

- "We'll also fund additional research in cutting-edges methods of producing ethanol, not just from sugarcane (bE=1:3,24), but from wood chips and stalks or switchgrass"
- Sinal verde do governo brasileiro
- Países europeus com o tamanho de um Estado brasileiro esboçam interesse sobre alguma parte do programa de etanol a partir de lignocelulose?
- Sim

A Intrincada Estrutura da Perede Celular

- **Celulose** - Polímero de glicose formado por ligações β -1,4 glicosídica. A fórmula empírica é $(C_6H_{10}O_5)_n$, com um n mínimo de 200, normalmente com 300 a 700, podendo passar 7000. Nem sempre é a fração da lignocelulose mais abundante (fibra de milho=15%, palha de trigo=30% e coastal bermuda grass=25%)



A Intrincada Estrutura da Perede Celular

- **Hemiceluloses**, diferentemente da celulose, não são quimicamente homogêneas e muitas vezes são a fração mais abundante da lignocelulose (fibra de milho=35%, palha de trigo=50% e coastal bermuda grass=35%): xiloglucanas, arabinoxilanas e glicomananas

A Intrincada Estrutura da Perede Celular

- **Hemiceluloses**, diferentemente da celulose, não são quimicamente homogêneas e muitas vezes são a fração mais abundante da lignocelulose (fibra de milho=35%, palha de trigo=50% e coastal bermuda grass=35%): xiloglucanas, arabinoxilanas e glicomananas
- **Pectina**: homogalacturonanas, ramnogalacturonanas I e II e xilogalacturonanas

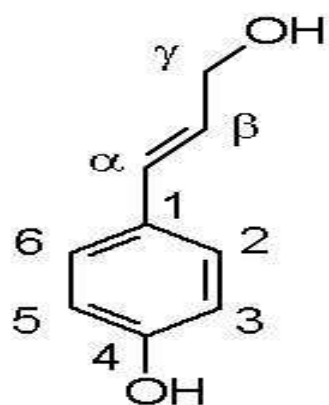
A Intrincada Estrutura da Perede Celular

- **Hemiceluloses**, diferentemente da celulose, não são quimicamente homogêneas e muitas vezes são a fração mais abundante da lignocelulose (fibra de milho=35%, palha de trigo=50% e coastal bermuda grass=35%): xiloglucanas, arabinoxilanas e glicomananas
- **Pectina**: homogalacturonanas, ramnogalacturonanas I e II e xilogalacturonanas
- **Proteogluanas**: proteínas arabinogalactanas, extensinas e proteínas ricas em prolina

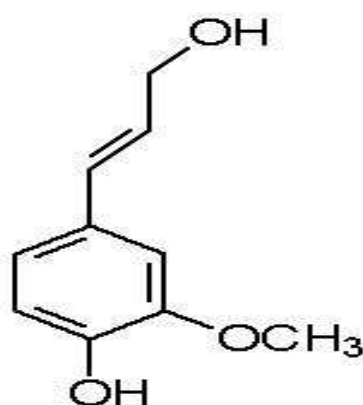
A Intrincada Estrutura da Perede Celular

- **Hemiceluloses**, diferentemente da celulose, não são quimicamente homogêneas e muitas vezes são a fração mais abundante da lignocelulose (fibra de milho=35%, palha de trigo=50% e coastal bermuda grass=35%): xiloglucanas, arabinoxilanas e glicomananas
- **Pectina**: homogalacturonanas, ramnogalacturonanas I e II e xilogalacturonanas
- **Proteogluanas**: proteínas arabinogalactanas, extensinas e proteínas ricas em prolina
- **Lignina** é de natureza hidrofóbica e formada pelos monolignóis provenientes da fenilalanina, está sempre associada a carboidratos e de composição única para cada espécie de planta.

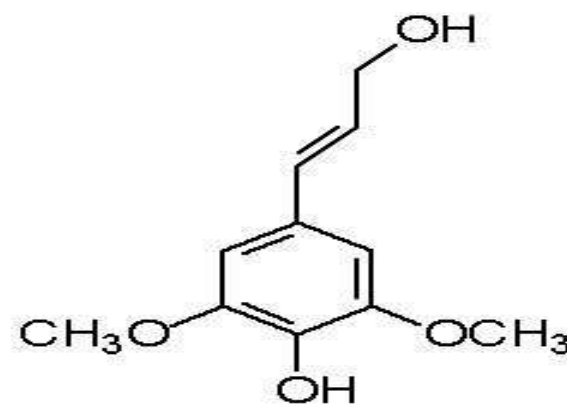
A Intrincada Estrutura da Perede Celular



p-coumaryl alcohol



Coniferyl alcohol

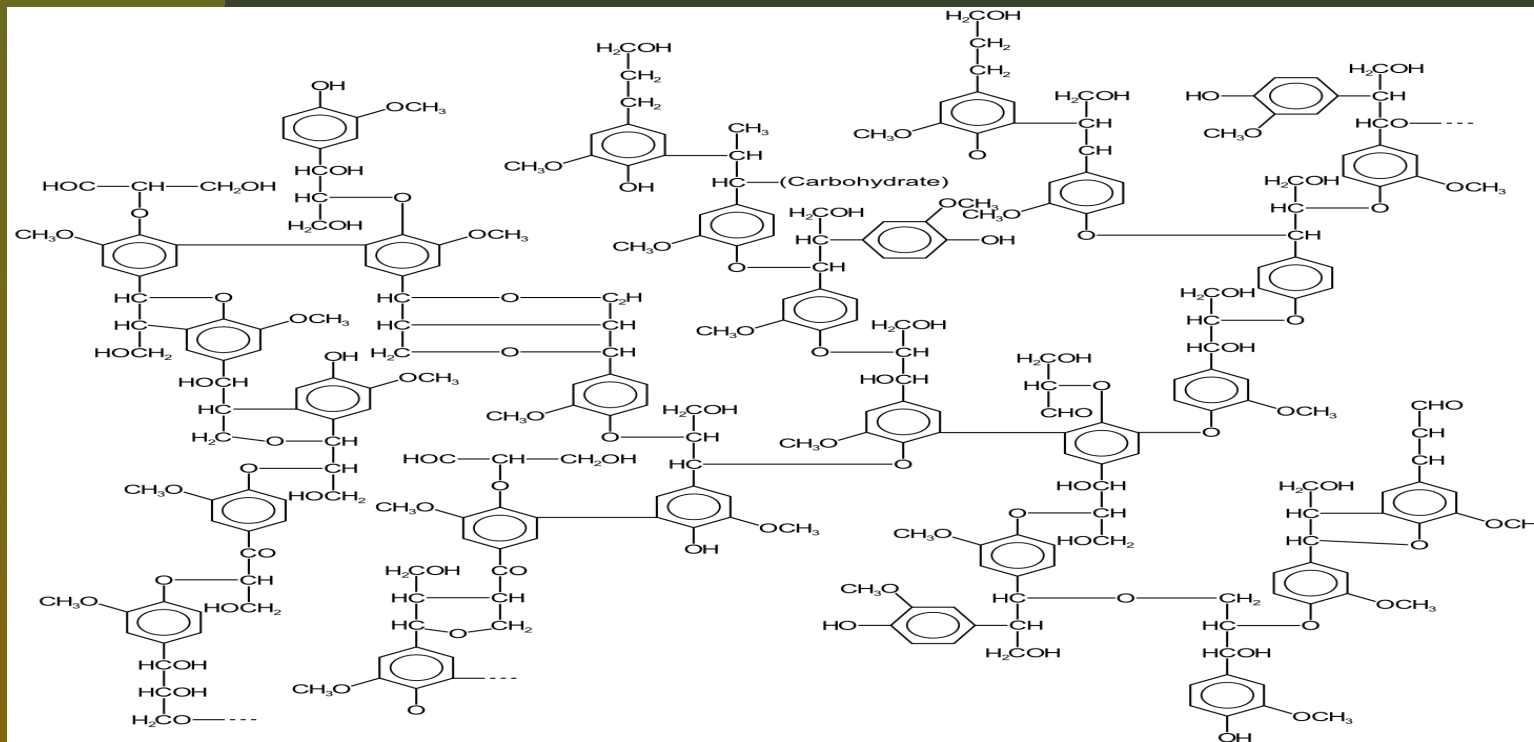


Sinapyl alcohol

Os monolignóis se incorporam na lignina na forma de fenilpropanóides: *p*-hidroxifenil (H), guaiacil (G) e siringil (S). Na lignina de milho há as três unidades

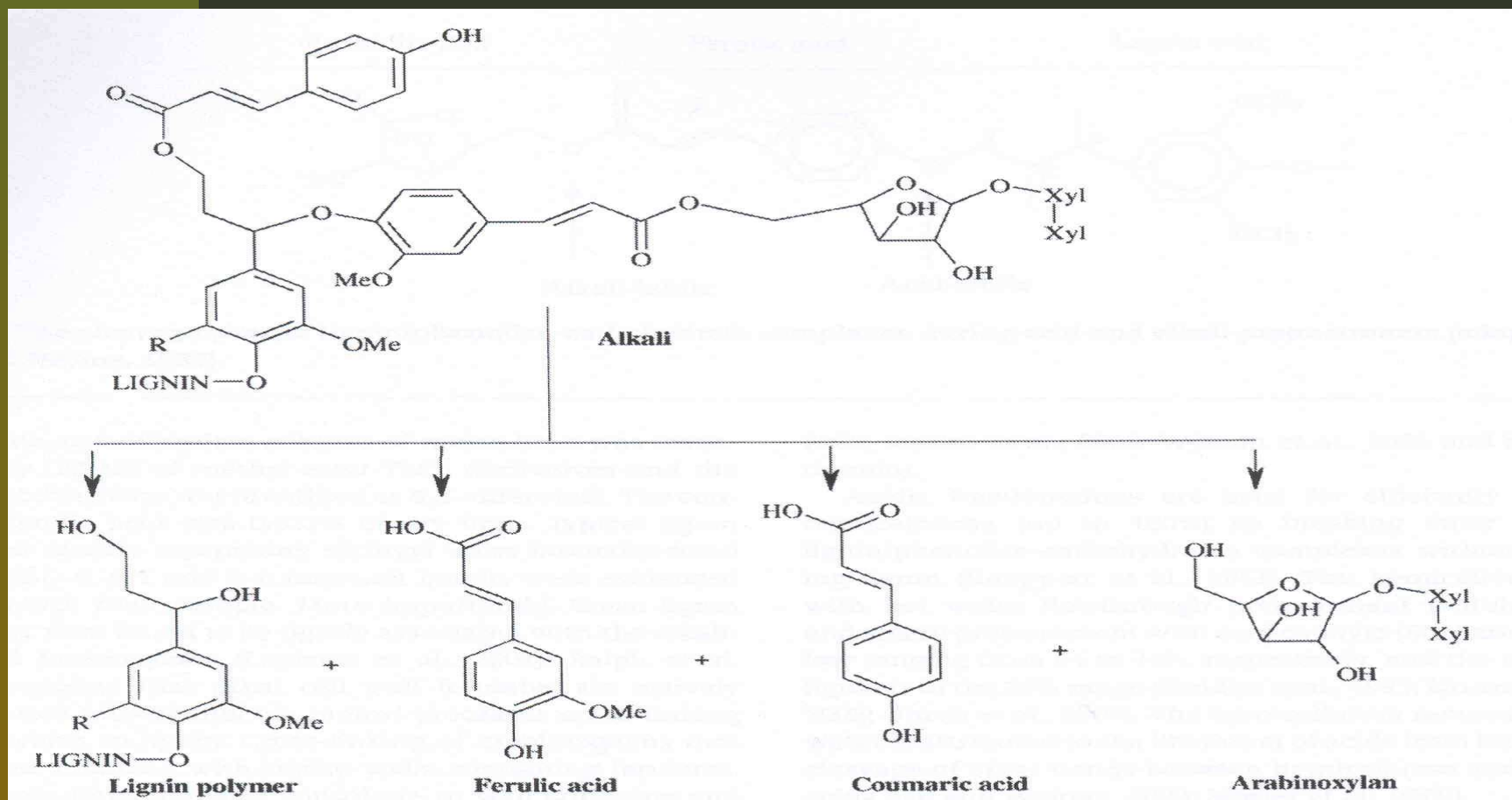
A Intrincada Estrutura da Perede Celular

- **Lignina** é formada pelos monolignóis que se incorporam na forma de fenilpropanóides: p-hidroxifenil (H), guaiacil (G) e siringil (S)



Lignina

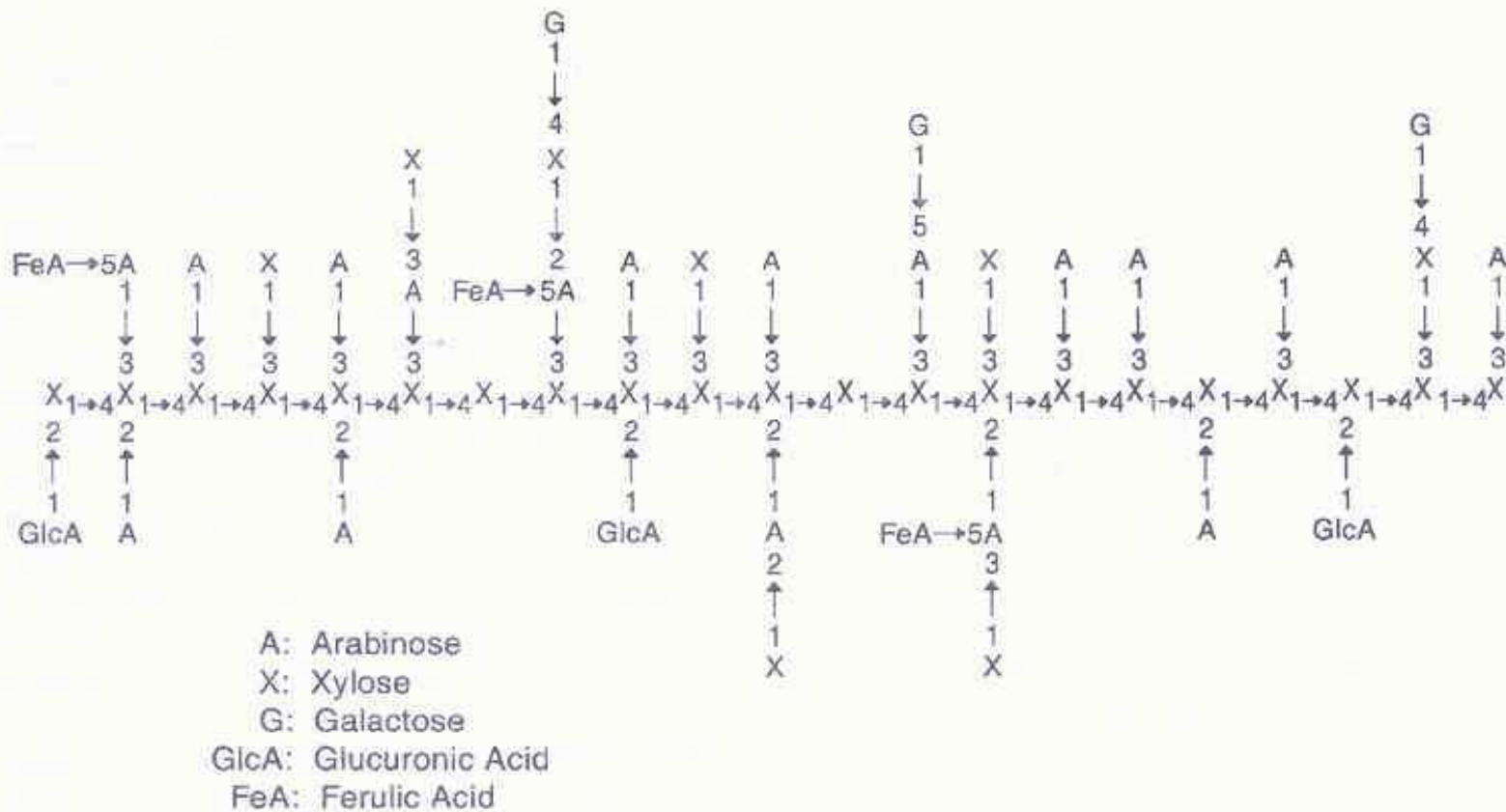
Complexo Lignina/Carboidrato-LCC



(Buranov and Mazza, 2008)

LCC extraído de milho com ácido oxálico mostram que os ácidos ferúlico e p-cumárico estão ligados aos fragmentos de xilose

Heteroxilana



(Saha, 2003)

Pontos de ligação da heteroxilana com a lignina se fazem com o ácido ferúlico

Características dos Fenilpropanóides

- Agem na defesa contra herbívoros, ação microbiana, degradação enzimática, ação mecânica e dão estrutura à parede celular

Características dos Fenilpropanóides

- Agem na defesa contra herbívoros, ação microbiana, degradação enzimática, ação mecânica e dão estrutura à parede celular
- Servem de proteção contra aos raios ultravioletas

Características dos Fenilpropanóides

- Agem na defesa contra herbívoros, ação microbiana, degradação enzimática, ação mecânica e dão estrutura à parede celular
- Servem de proteção contra aos raios ultravioletas
- Interferem na liberação e hidrólise de polissacarídeos da parede celular

Características dos Fenilpropanóides

- Agem na defesa contra herbívoros, ação microbiana, degradação enzimática, ação mecânica e dão estrutura à parede celular
- Servem de proteção contra aos raios ultravioletas
- Interferem na liberação e hidrólise de polissacarídeos da parede celular
- A síntese de lingina S e de lingina G é regulada pela enzima ferulato-5-hidroxilase (F5H)

Características dos Fenilpropanóides

- Agem na defesa contra herbívoros, ação microbiana, degradação enzimática, ação mecânica e dão estrutura à parede celular
- Servem de proteção contra aos raios ultravioletas
- Interferem na liberação e hidrólise de polissacarídeos da parede celular
- A síntese de lignina S e de lignina G é regulada pela enzima ferulato-5-hidroxilase (F5H)
- Superexpressão da F5H aumenta a síntese de lignina S, diminuiu a lignina G

Etapas da Síntese da Lignina

- A lignina se inicia com a síntese, no citosol, dos monolignóis glicosilados que têm como precursor a fenilalanina

Etapas da Síntese da Lignina

- A lignina se inicia com a síntese, no citosol, dos monolignóis glicosilados que têm como precursor a fenilalanina
- As primeiras reações envolvem a via **Fenilpropanóide**

Etapas da Síntese da Lignina

- A lignina se inicia com a síntese, no citosol, dos monolignóis glicosilados que têm como precursor a fenilalanina
- As primeiras reações envolvem a via **Fenilpropanóide**
- A ligação, no citoplasma, com a glicose torna os fenilpropanóides **mais solúveis em água e menos tóxicos**

Etapas da Síntese da Lignina

- A lignina se inicia com a síntese, no citosol, dos monolignóis glicosilados que têm como precursor a fenilalanina
- As primeiras reações envolvem a via **Fenilpropanóide**
- A ligação, no citoplasma, com a glicose torna os fenilpropanóides **mais solúveis em água e menos tóxicos**
- A polimerização se inicia só depois que os fenilpropanóides glicosilados **atravessam a membrana celular e a glicose é removida**

Etapas da Síntese da Lignina

- A lignina se inicia com a síntese, no citosol, dos monolignóis glicosilados que têm como precursor a fenilalanina
- As primeiras reações envolvem a via **Fenilpropanóide**
- A ligação, no citoplasma, com a glicose torna os fenilpropanóides **mais solúveis em água e menos tóxicos**
- A polimerização se inicia só depois que os fenilpropanóides glicosilados **atravessam a membrana celular e a glicose é removida**
- Ainda hoje, muito de seu anabolismo é pouco entendido

As Principais Fases de Interesse Externo

- Definir a matéria prima → Não tem interesse aparente

As Principais Fases de Interesse Externo

- Definir a matéria prima → Não tem interesse aparente
- Otimizar a produção agrícola → Não tem interesse aparente

As Principais Fases de Interesse Externo

- Definir a matéria prima → Não tem interesse aparente
- Otimizar a produção agrícola → Não tem interesse aparente
- Modificar a estrutura da matéria prima → Atividade estratégica

As Principais Fases de Interesse Externo

- Definir a matéria prima → Não tem interesse aparente
- Otimizar a produção agrícola → Não tem interesse aparente
- Modificar a estrutura da matéria prima → Atividade estratégica
- Sistema hidrolítico → Atividade estratégica

As Principais Fases de Interesse Externo

- Definir a matéria prima → Não tem interesse aparente
- Otimizar a produção agrícola → Não tem interesse aparente
- Modificar a estrutura da matéria prima → Atividade estratégica
- Sistema hidrolítico → Atividade estratégica
- Processo fermentativo → Atividade estratégica

As Principais Fases de Interesse Externo

- Definir a matéria prima → Não tem interesse aparente
- Otimizar a produção agrícola → Não tem interesse aparente
- Modificar a estrutura da matéria prima → Atividade estratégica
- Sistema hidrolítico → Atividade estratégica
- Processo fermentativo → Atividade estratégica
- Sistema de destilação → Atividade estratégica

1985-Processo Inglês e a Xilose. Por que a Xilose?

- A xilose é o principal açúcar da hemicelulose

1985-Processo Inglês e a Xilose. Por que a Xilose?

- A xilose é o principal açúcar da hemicelulose
- A xilose compreende de 30 a 40 % da biomassa renovável

1985-Processo Inglês e a Xilose. Por que a Xilose?

- A xilose é o principal açúcar da hemicelulose
- A xilose compreende de 30 a 40 % da biomassa renovável
- LCC de palha de arroz contém 63,9 % de carboidratos com xilose representando 80,1%, arabinose 13%, glicose 4,3% e outros açúcares 2.6%

1985-Processo Inglês e a Xilose. Por que a Xilose?

- A xilose é o principal açúcar da hemicelulose
- A xilose compreende de 30 a 40 % da biomassa renovável
- LCC de palha de arroz contém 63,9 % de carboidratos com xilose representando 80,1%, arabinose 13%, glicose 4,3% e outros açúcares 2.6%
- Sem manipulação genética, *Saccharomyces cerevisiae* não assimila nem a **xilose** e nem a **arabinose**

1985-Processo Inglês e a Xilose. Por que a Xilose?

- A xilose é o principal açúcar da hemicelulose
- A xilose compreende de 30 a 40 % da biomassa renovável
- LCC de palha de arroz contém 63,9 % de carboidratos com xilose representando 80,1%, arabinose 13%, glicose 4,3% e outros açúcares 2.6%
- Sem manipulação genética, *Saccharomyces cerevisiae* não assimila nem a **xilose** e nem a **arabinose**
- O emprego de uma tecnologia não convencional, como transformar xilose em etanol, daria à Inglaterra uma liderança capaz de transformar países, com potencial significativo de produção agrícola, como o Brasil, **tecnologicamente dependentes**.

Estratégia Inglesa para a Escolha do Microrganismo

Termofílico (70 °C)- *Bacillus stearothermophilus*

- Utiliza uma faixa mais ampla de substrato e portanto garantem um $Y_{x/s}$ mais elevado

Estratégia Inglesa para a Escolha do Microrganismo

Termofílico (70 °C)- *Bacillus stearothermophilus*

- Utiliza uma faixa mais ampla de substrato e portanto garantem um $Y_{x/s}$ mais elevado
- Apresenta uma alta taxa de "turnover"

Estratégia Inglesa para a Escolha do Microrganismo

Termofílico (70 °C)- *Bacillus stearothermophilus*

- Utiliza uma faixa mais ampla de substrato e portanto garantem um $Y_{x/s}$ mais elevado
- Apresenta uma alta taxa de "turnover"
- Mostra um elevado valor de $Y_{p/s}$ e pouca produção de biomassa

Estratégia Inglesa para a Escolha do Microrganismo

Termofílico (70 °C)- *Bacillus stearothermophilus*

- Utiliza uma faixa mais ampla de substrato e portanto garantem um $Y_{x/s}$ mais elevado
- Apresenta uma alta taxa de "turnover"
- Mostra um elevado valor de $Y_{p/s}$ e pouca produção de biomassa
- Realiza fermentações rápidas devido à alta atividade metabólica

Estratégia Inglesa para a Escolha do Microrganismo

Termofílico (70 °C)- *Bacillus stearothermophilus*

- Utiliza uma faixa mais ampla de substrato e portanto garantem um $Y_{x/s}$ mais elevado
- Apresenta uma alta taxa de "turnover"
- Mostra um elevado valor de $Y_{p/s}$ e pouca produção de biomassa
- Realiza fermentações rápidas devido à alta atividade metabólica
- Há pouco ou nenhum risco de contaminação

Estratégia Inglesa para a Escolha do Microrganismo

Termofílico (70 °C)- *Bacillus stearothermophilus*

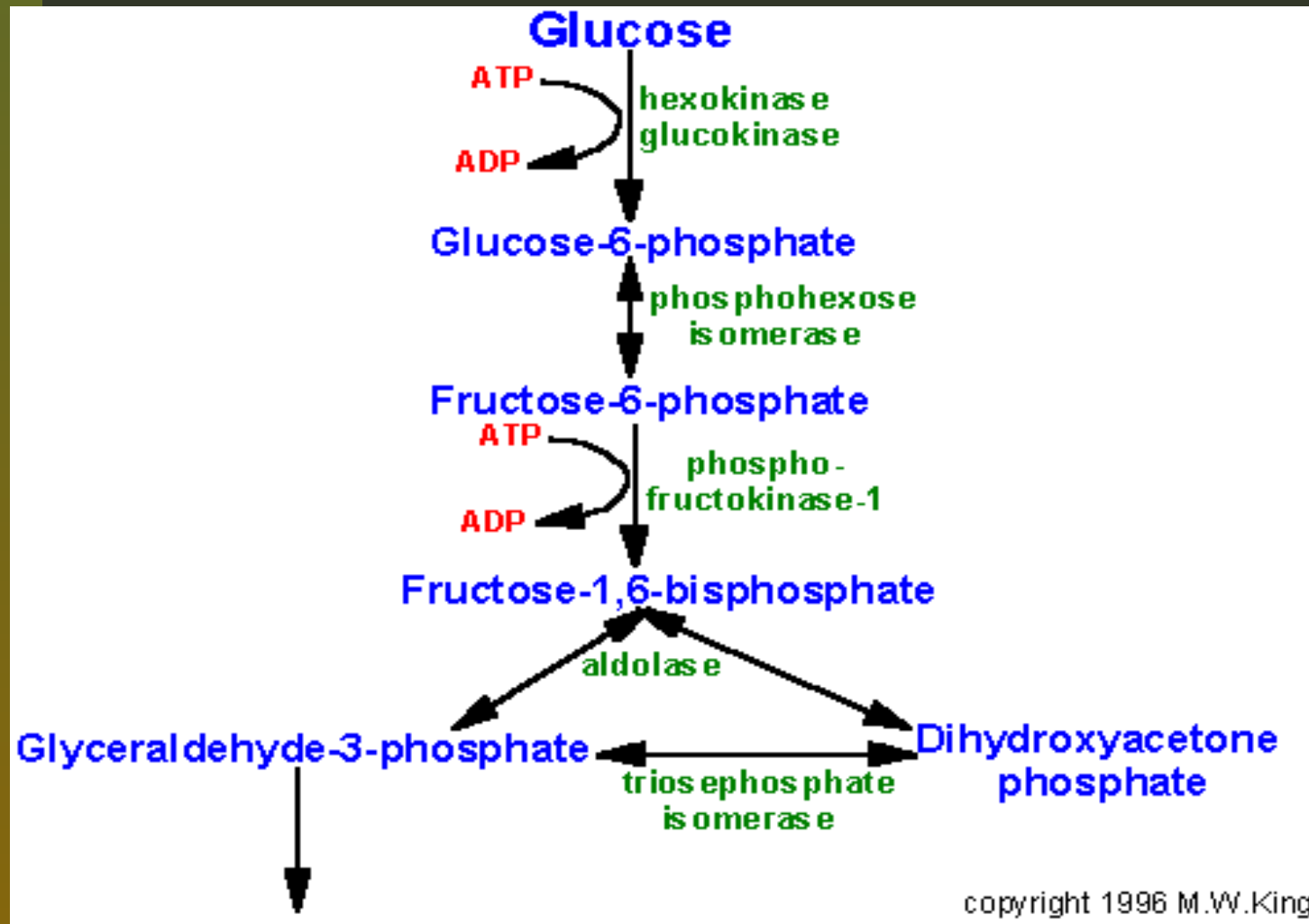
- Utiliza uma faixa mais ampla de substrato e portanto garantem um $Y_{x/s}$ mais elevado
- Apresenta uma alta taxa de "turnover"
- Mostra um elevado valor de $Y_{p/s}$ e pouca produção de biomassa
- Realiza fermentações rápidas devido à alta atividade metabólica
- Há pouco ou nenhum risco de contaminação
- Há maior facilidade de manter a anaerobiose

Estratégia Inglesa para a Escolha do Microrganismo

Termofílico (70 °C)- *Bacillus stearothermophilus*

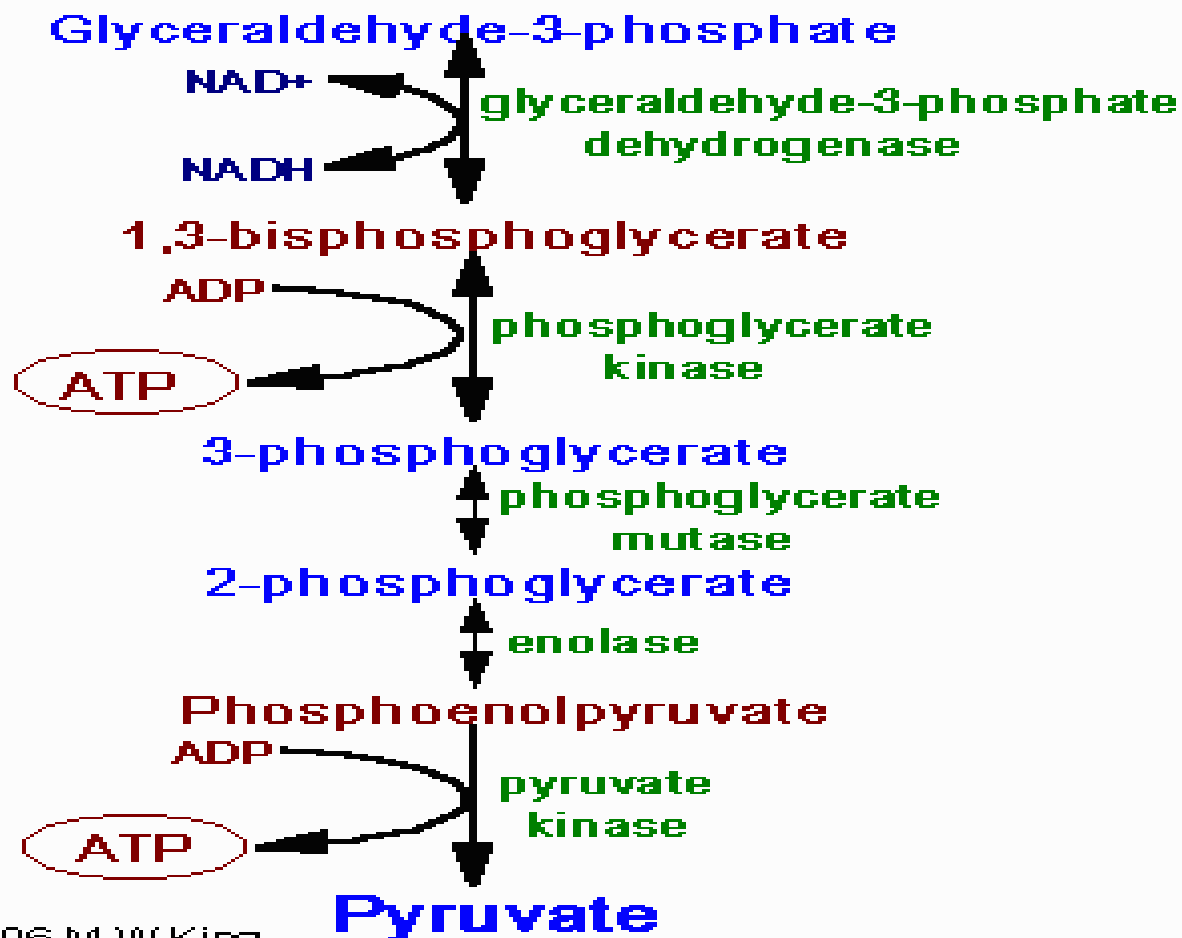
- Utiliza uma faixa mais ampla de substrato e portanto garantem um $Y_{x/s}$ mais elevado
- Apresenta uma alta taxa de "turnover"
- Mostra um elevado valor de $Y_{p/s}$ e pouca produção de biomassa
- Realiza fermentações rápidas devido à alta atividade metabólica
- Há pouco ou nenhum risco de contaminação
- Há maior facilidade de manter a anaerobiose
- Sendo um processo termofílico, fermentação e destilação poderiam ocorrer de forma quase simultânea

Via Glicolítica-Embden-Meyerhof-Fase Preparatória



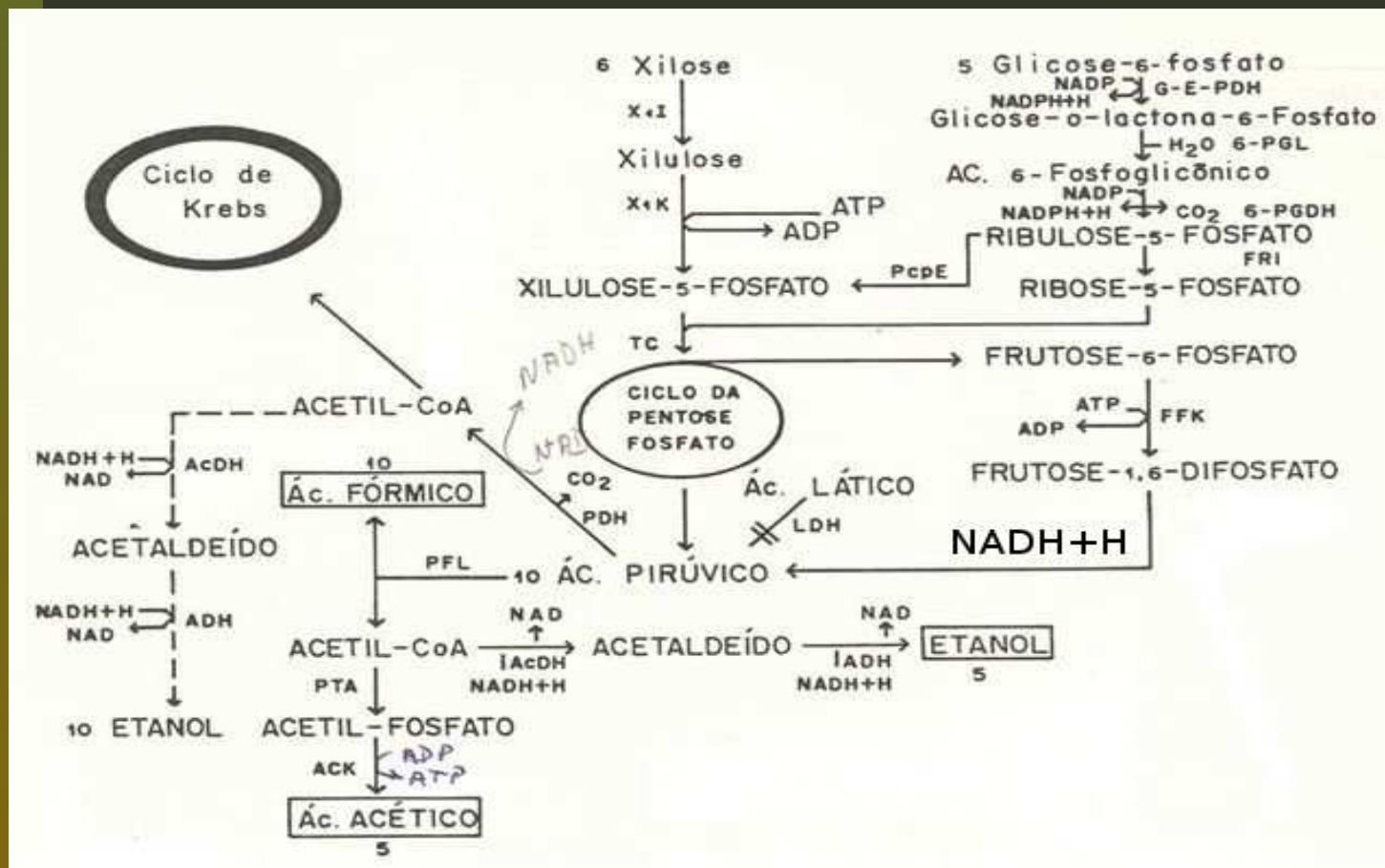
A xilose entra no ciclo da pentose fosfato, sai do ciclo como frutose-6-fosfato e segue a via glicolítica até formar ácido pirúvico

Via Glicolítica-Embden-Meyerhof



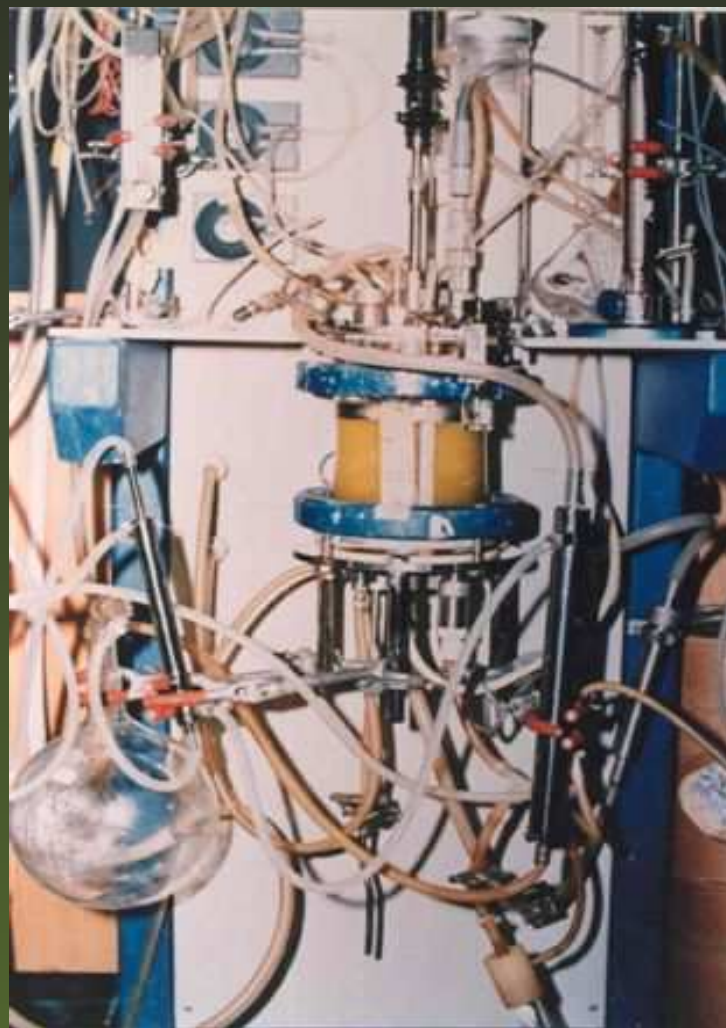
O NADH+H⁺ formado terá que ser transformado em NAD para que a outra molécula de gliceraldeído-3-fosfato seja oxidada até formar outra molécula de ácido pirúvico

Via PFL do *B. stearothermophilus*



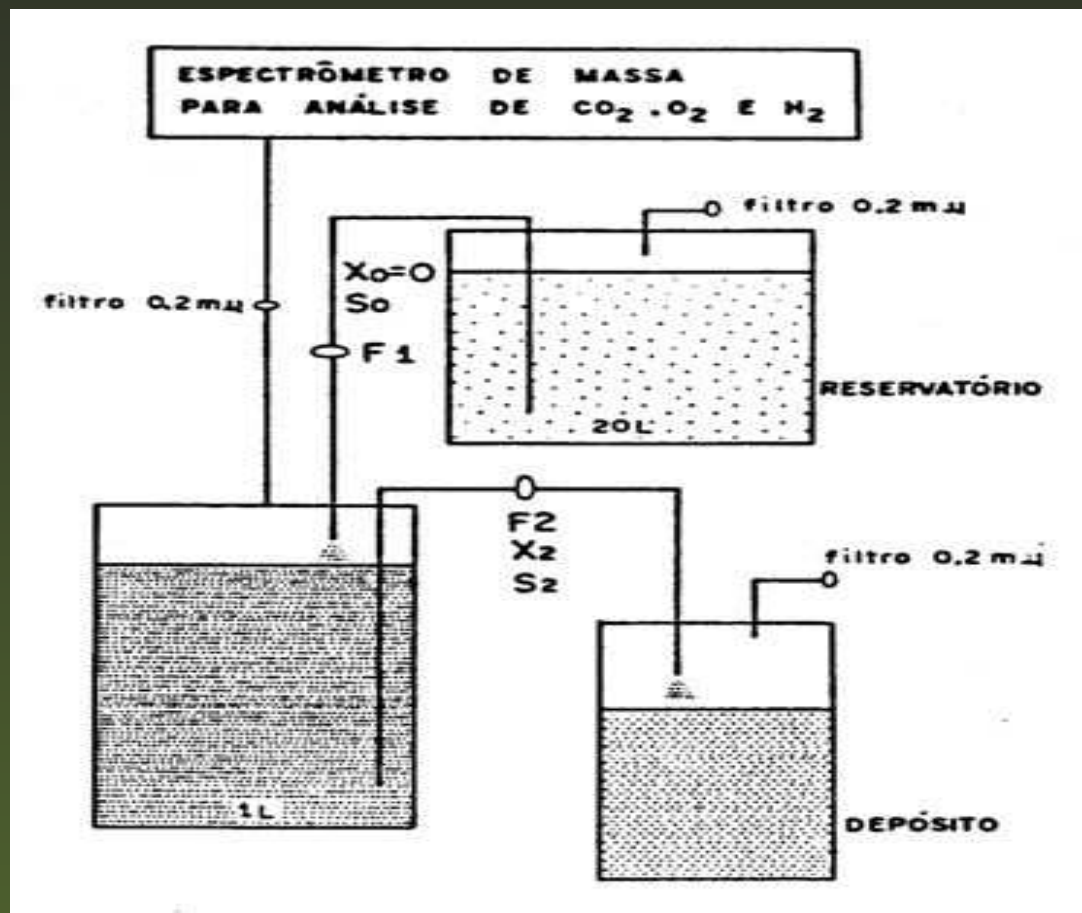
A xilose sofre uma isomeria (xilose isomerase), se fosforiliza e entra no ciclo da pentose fosfato, sai do ciclo como frutose-6-fosfato e segue a via glicolítica até formar ácido pirúvico

Biorreator Contínuo de Simples Estádio



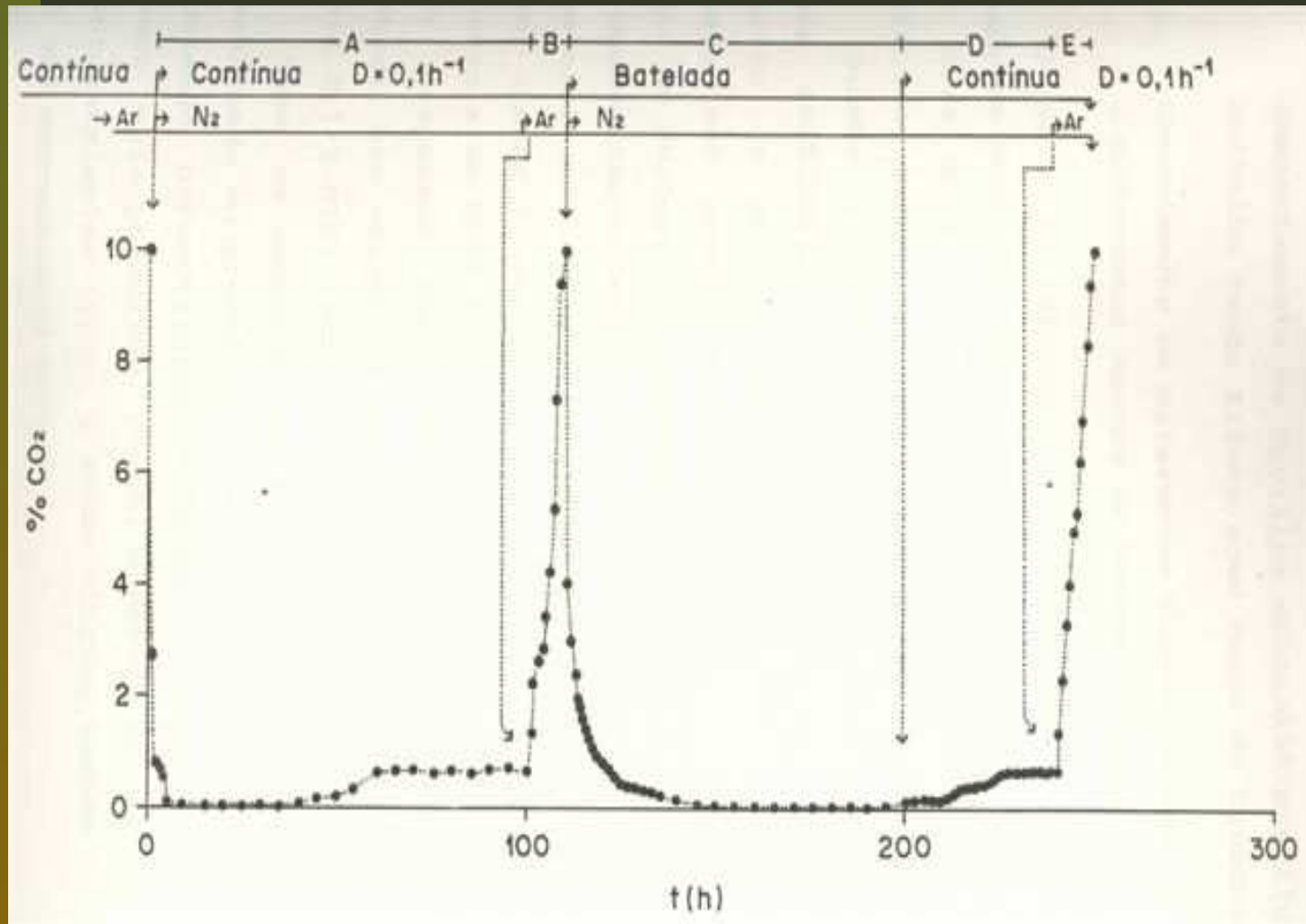
Sistema Contínuo Simples.

Esboço de Biorreator Contínuo de Simples Estádio



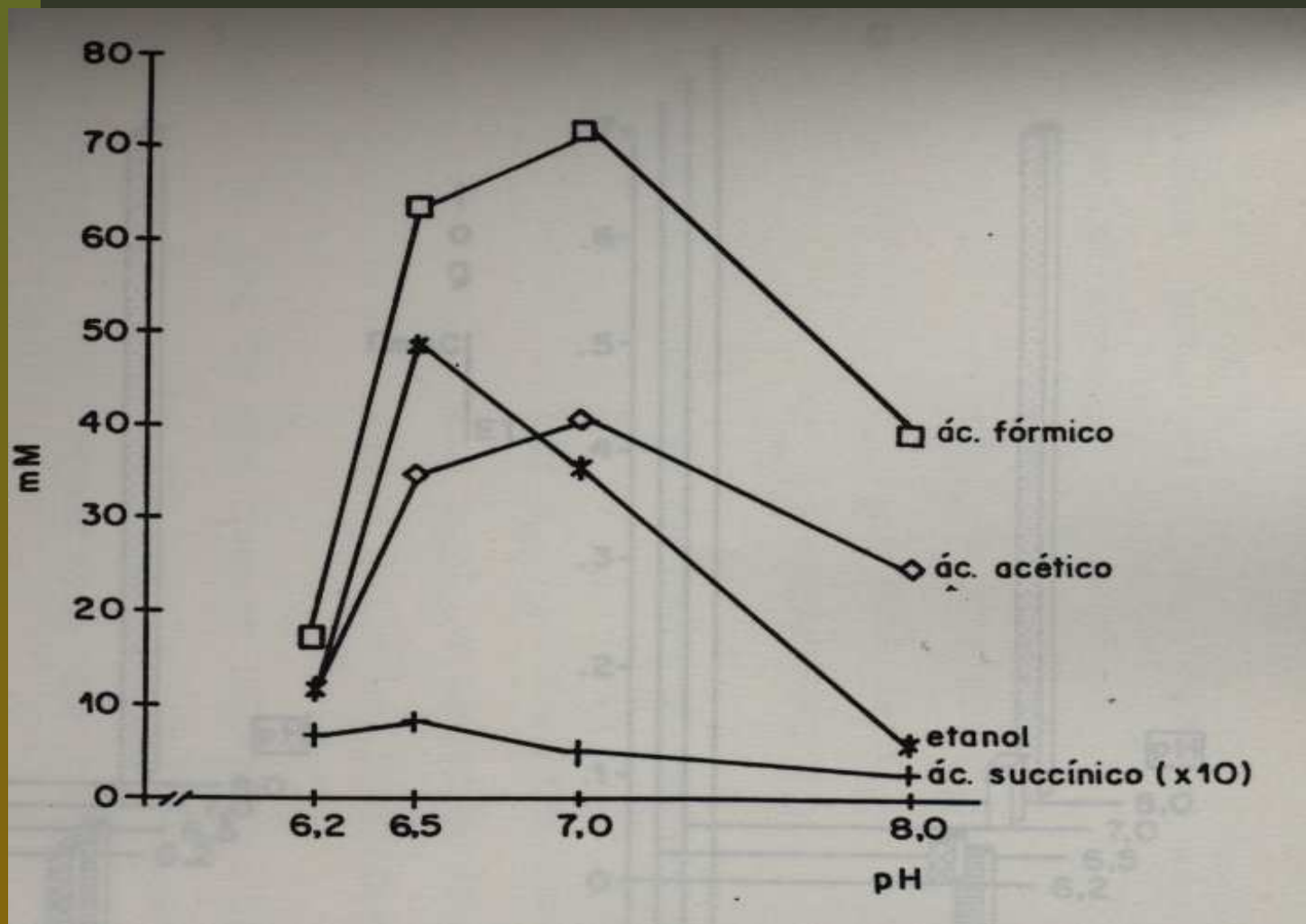
Sistema Contínuo Simples Estádio.

Alteração do Metabolismo na Transição



Transição aerobiose → anerobiose → aerobiose para investigar a hipótese do envolvimento da PDH no processo anaeróbico. O teor de CO₂ deveria aumentar e não diminuir se a PDH ativa

Evidência da Via PFL no Metabolismo de *B. stearrowthermophilus*



Produtos de fermentação em diferentes valores de pH. Xilose = 66,607 mM, rpm = 200, D = 0,1 h⁻¹, temperatura = 65 °C; anaerobiose = N₂ 4 L.min⁻¹

PDC, PFL, PFL-FDH e PDH

- Relação → Piruvato:NADH:Etanol:CO₂:formato

PDC, PFL, PFL-FDH e PDH

- Relação → Piruvato:NADH:Etanol:CO₂:formato
- PDC → 1:1:1:1:0 → processo eficiente

PDC, PFL, PFL-FDH e PDH

- Relação → Piruvato:NADH:Etanol:CO₂:formato
- PDC → 1:1:1:1:0 → processo eficiente
- PFL → 2:2:1:0:2 → processo de produção de etanol é ineficiente por haver grande déficit de H⁺. Não há formação de CO₂

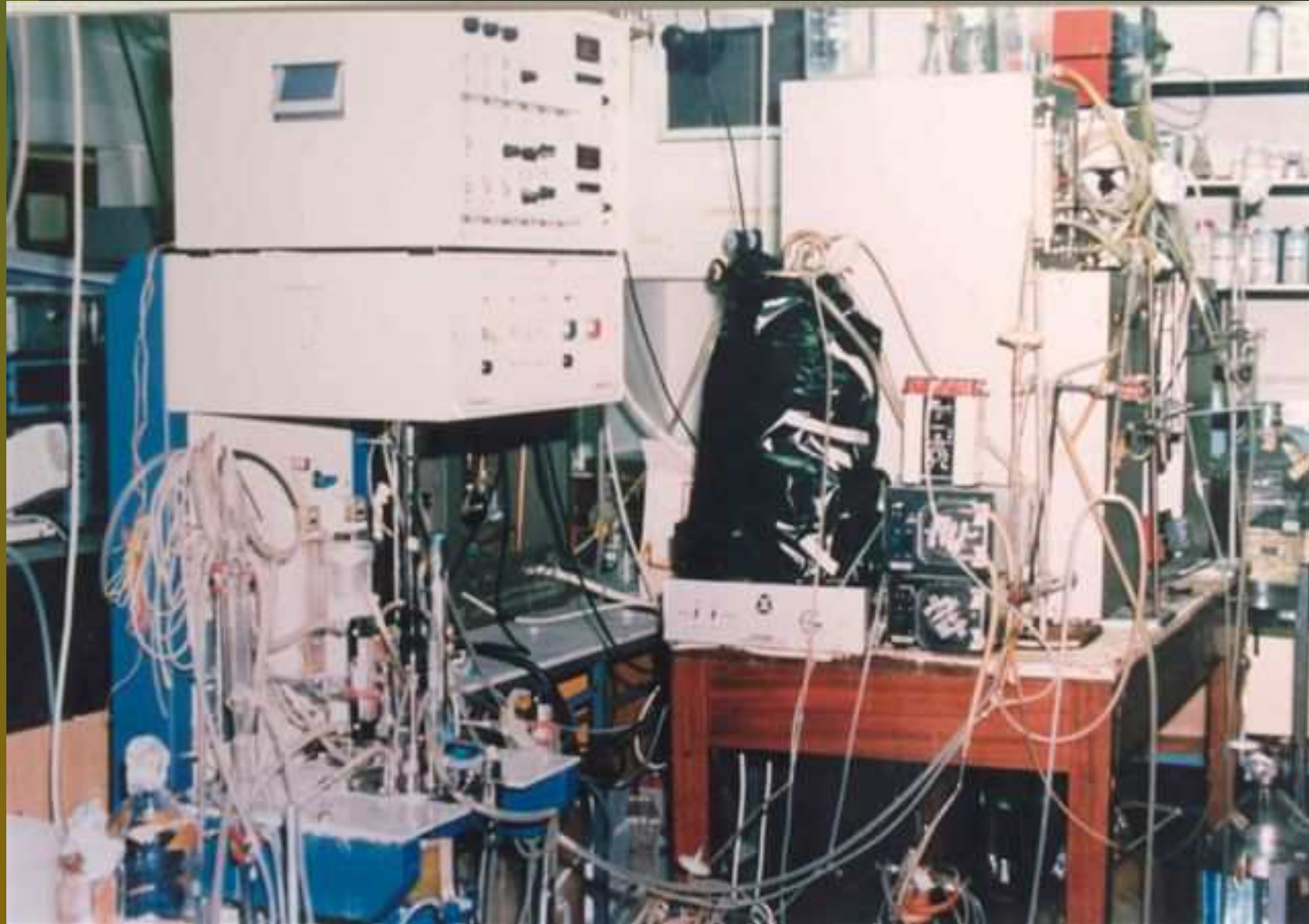
PDC, PFL, PFL-FDH e PDH

- Relação → Piruvato:NADH:Etanol:CO₂:formato
- PDC → 1:1:1:1:0 → processo eficiente
- PFL → 2:2:1:0:2 → processo de produção de etanol é ineficiente por haver grande déficit de H⁺. Não há formação de CO₂
- PFL-FDH → 1:1:1:1:0 → processo eficiente

PDC, PFL, PFL-FDH e PDH

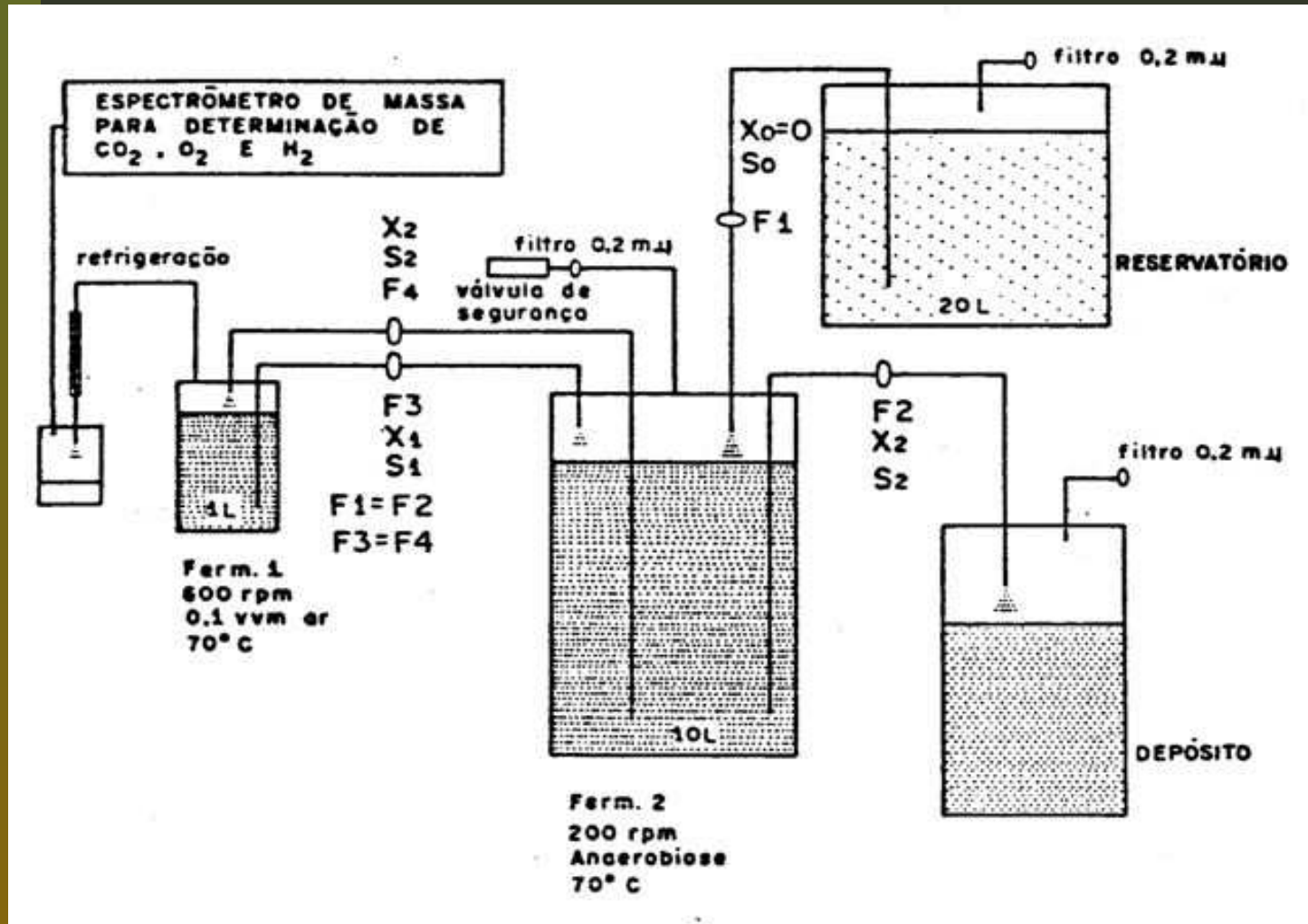
- Relação → Piruvato:NADH:Etanol:CO₂:formato
- PDC → 1:1:1:1:0 → processo eficiente
- PFL → 2:2:1:0:2 → processo de produção de etanol é ineficiente por haver grande déficit de H⁺. Não há formação de CO₂
- PFL-FDH → 1:1:1:1:0 → processo eficiente
- PDH → 1:1:0:0:0 → A enzima PDH exige NAD⁺. Existe excesso de NADH+H⁺. Em anaerobiose, esta via hipotética, para a formação de etanol, é improvável.

Biorreator de Duplo Estádio



Biorreator de 1L acoplado a outro de 10L, operando no sistema contínuo

Esboço do Biorreator de Duplo Estádio



Biorreator de 1L acoplado a outro de 10L, operando no sistema contínuo

Patente

- US Patent 5182199 - Thermophilic ethanol production in a two-stage closed system

Patente

- US Patent 5182199 - Thermophilic ethanol production in a two-stage closed system
- US Patent Issued on January 26, 1993

Patente

- US Patent 5182199 - Thermophilic ethanol production in a two-stage closed system
- US Patent Issued on January 26, 1993
- B. S. Hartley, D. J. Leak, S. Amartey, P. Goddard, **G. da Silva** and R. San Martin (1987) "Fermentation Ethanol From Straw" In: Straw, A Valuable Raw Material. vol. 1. Paper Industries Research Association, Leatherhead, Surrey, UK

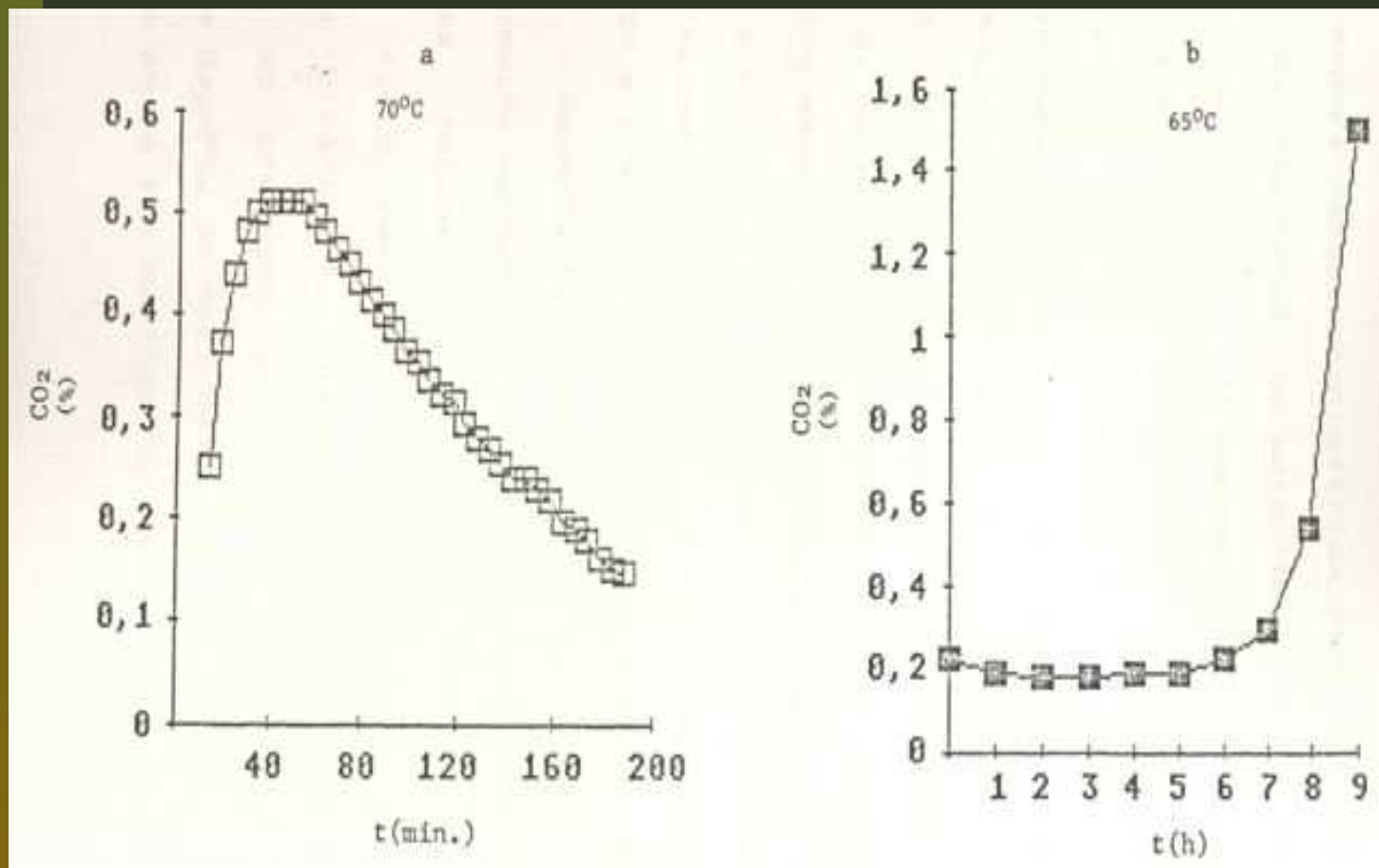
Patente

- US Patent 5182199 - Thermophilic ethanol production in a two-stage closed system
- US Patent Issued on January 26, 1993
- B. S. Hartley, D. J. Leak, S. Amartey, P. Goddard, **G. da Silva** and R. San Martin (1987) "Fermentation Ethanol From Straw" In: Straw, A Valuable Raw Material. vol. 1. Paper Industries Research Association, Leatherhead, Surrey, UK
- Inventor(s): Hartley, Brian S.

Patente

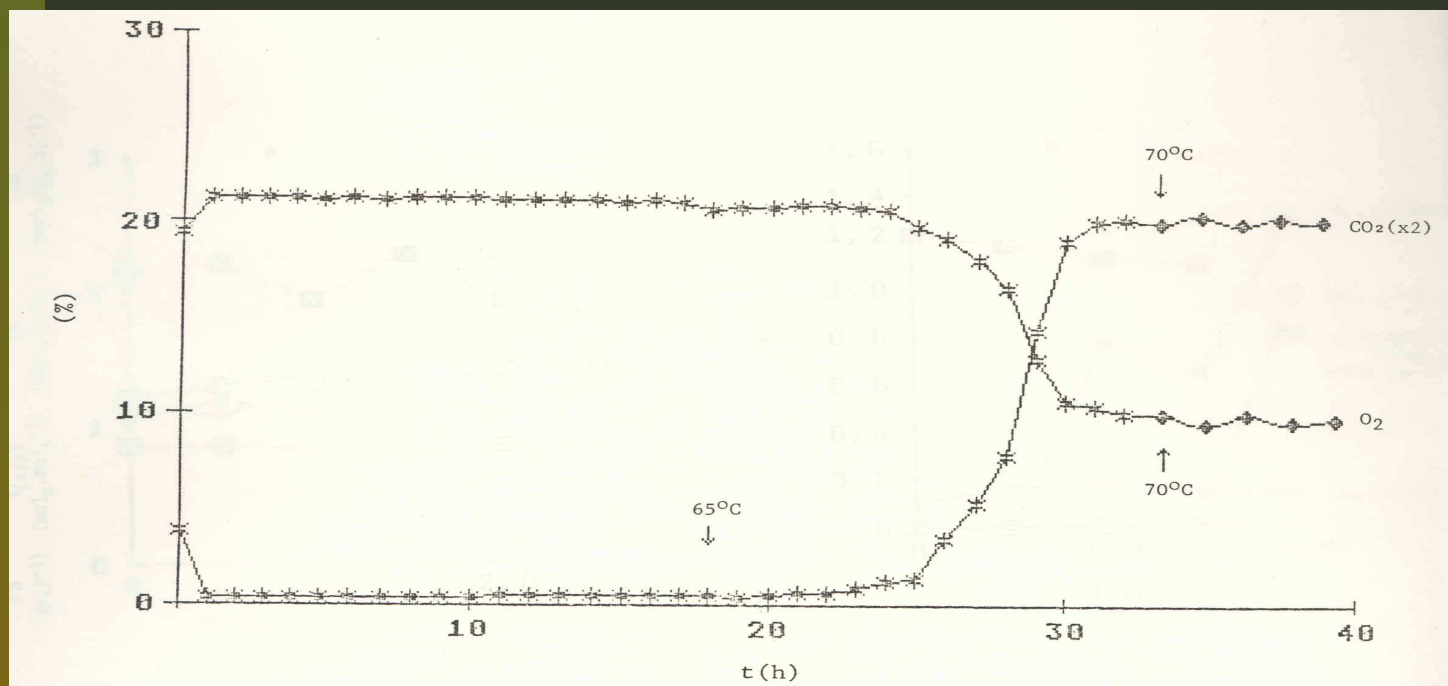
- US Patent 5182199 - Thermophilic ethanol production in a two-stage closed system
- US Patent Issued on January 26, 1993
- B. S. Hartley, D. J. Leak, S. Amartey, P. Goddard, **G. da Silva** and R. San Martin (1987) "Fermentation Ethanol From Straw" In: Straw, A Valuable Raw Material. vol. 1. Paper Industries Research Association, Leatherhead, Surrey, UK
- Inventor(s): Hartley, Brian S.
- Application: No. 742515 filed on 08/05/1991

Inibição da Atividade Metabólica do *B. stearothermophilus*



Sistema Contínuo Simples- Temp=70 °C; 0,1 vvm ar; 600 rpm; D= 0,240h⁻¹; meio de cultura contendo xilose-66,607 mM; CO₂ liberado foi monitorado por espectrometria de massa.

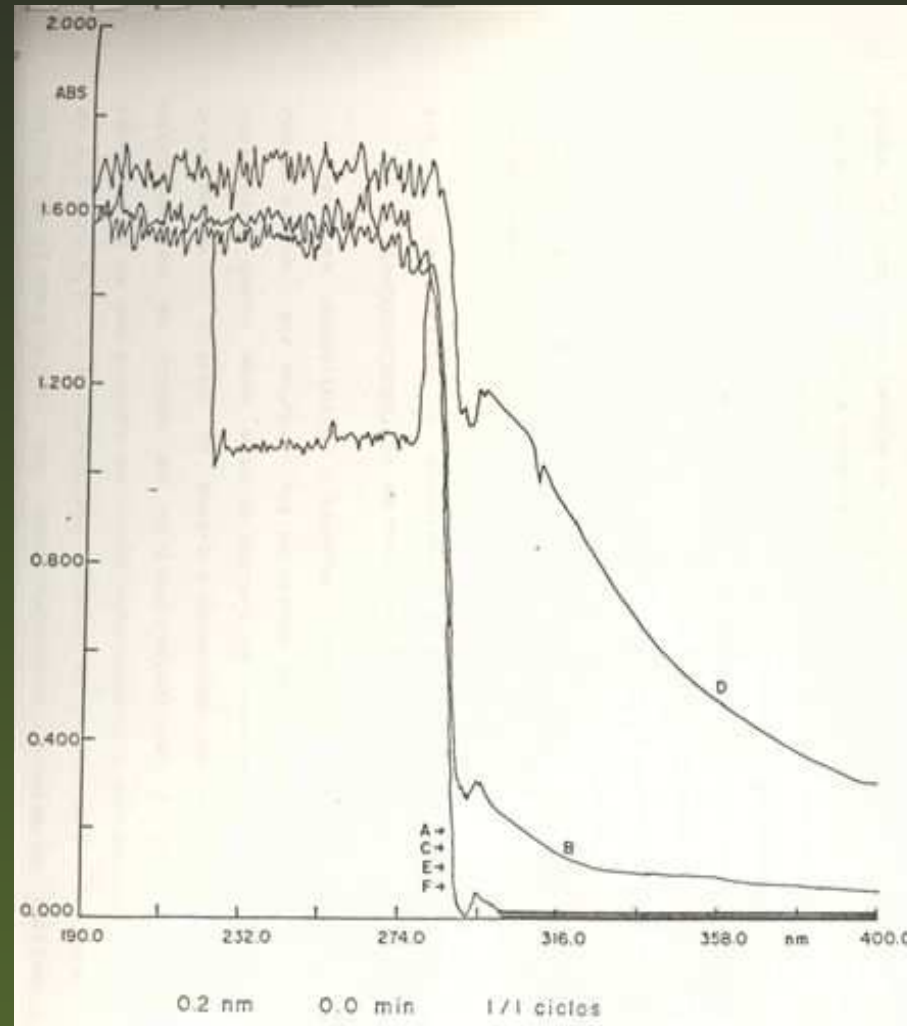
Recuperação da Atividade Metabólica



Condições: Temp=70 °C; 0,1 vvm ar; 600 rpm; $D=0,05h^{-1}$; meio de cultura contendo xilose = 66,607 mM; pH= 6,5; O_2 e CO_2 monitorados por espectrometria de massa. Quebra do regime: pH 6,5 \rightarrow 4,9.

Quando o CO_2 atingiu 1,85%, o pH 4,9 \rightarrow 6,5, mantendo-se a temperatura de 70°C por 18 horas. A temperatura foi alterada: 70°C \rightarrow 65°C até o regime. Após atingir o regime a temperatura de trabalho foi restabelecida: 65°C \rightarrow 70°C

Temperatura e a Reação da Xilose com Componentes do Meio de Cultura



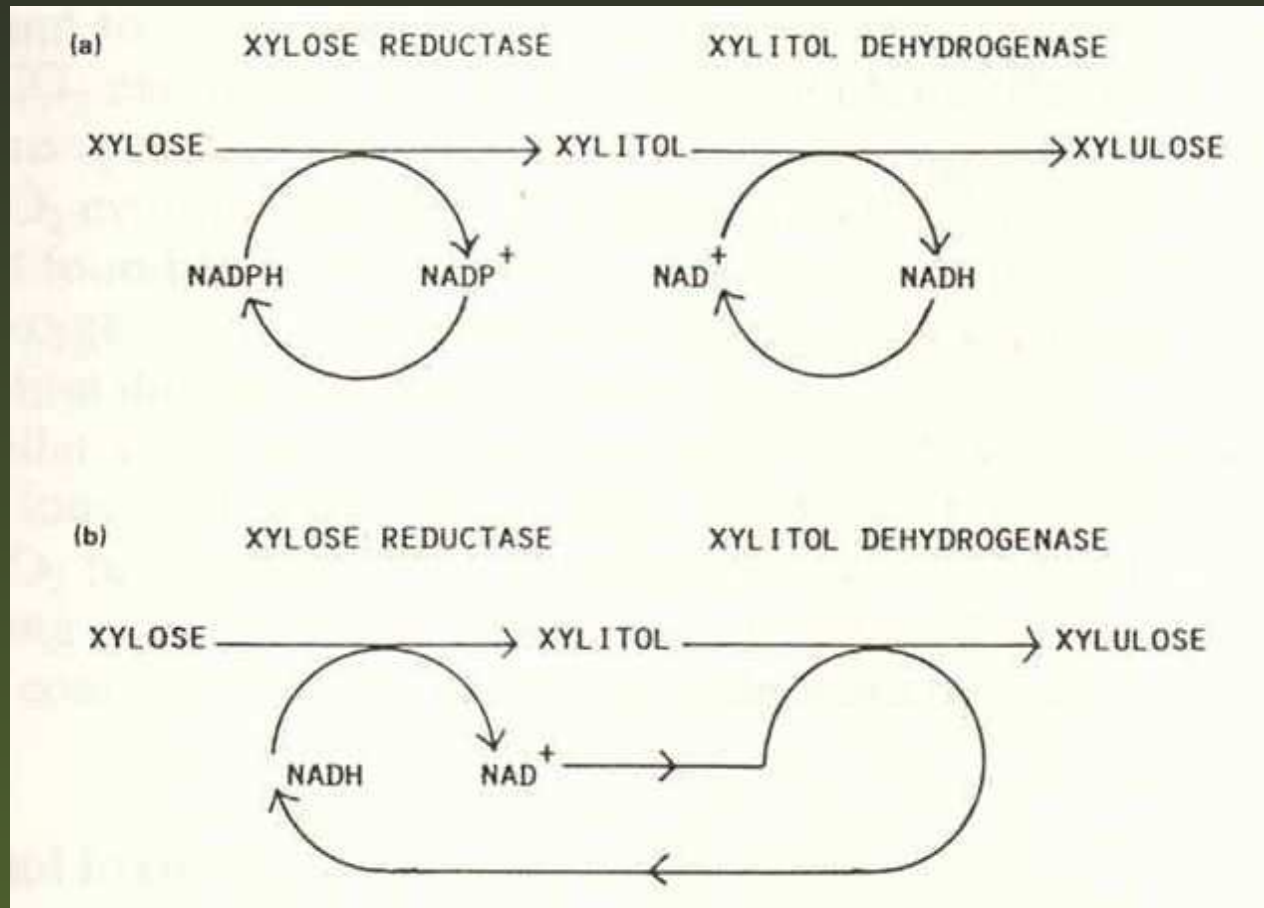
Condições: Sem aquecimento → A (xilose+Sal-1), C (xilose+ meio de cultura), E (xilose+Sal-2); Com aquecimento a 70°C → B (xilose+Sal-1), D (xilose+ meio de cultura), F (xilose +Sal-2)

Temperatura e a Reação da Xilose



Aquecimento por 24h a 70°C - Xilose e meio; Sem aquecimento - Xilose e meio; Aquecimento por 24h a 70°C - Xilose e meio

Destino da Xilose em Leveduras



(Berry and Brown, 1987)

(a) Leveduras que não fermentam anaerobicamente a xilose (*Candida utilis*) ou exibem efeito Custer (*Pachysolen tannophilus*). (b) Leveduras que fermentam anaerobicamente a xilose (*Candida seatae*,

Pichia stipitis

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- Está se trabalhando com a maior fonte pronta e biologicamente protegida de energia da natureza

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- Está se trabalhando com a maior fonte pronta e biologicamente protegida de energia da natureza
- O clima e a extensão territorial brasileiras oferecem condições para a exploração de diversas matérias primas

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- Está se trabalhando com a maior fonte pronta e biologicamente protegida de energia da natureza
- O clima e a extensão territorial brasileiras oferecem condições para a exploração de diversas matérias primas
- O Brasil possui Centros de Pesquisa com tradição em melhoramento genético de plantas e nos mais variados aspectos que envolvem sistemas de produção agrícola.

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- O Brasil já possui estruturas fermentativas **consistentemente instaladas**, utilizando fontes não-lignocelulósicas com bE positivo, que, se acopladas às novas tecnologias, viabilizarão a transformação de lignocelulose em etanol

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- O Brasil já possui estruturas fermentativas **consistentemente instaladas**, utilizando fontes não-lignocelulósicas com bE positivo, que, se acopladas às novas tecnologias, viabilizarão a transformação de lignocelulose em etanol
- Reduz a dependência por fontes não renováveis (petróleo) de energia

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- O Brasil já possui estruturas fermentativas **consistentemente instaladas**, utilizando fontes não-lignocelulósicas com bE positivo, que, se acopladas às novas tecnologias, viabilizarão a transformação de lignocelulose em etanol
- Reduz a dependência por fontes não renováveis (petróleo) de energia
- Cria independência da única e atual fonte renovável não-lignocelulósica (sacarose) de combustível líquido

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- Expande o período de produção industrial de etanol

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- Expande o período de produção industrial de etanol
- A matéria prima é, na sua maioria, a parte não comestível da planta e ainda é uma fonte de energia limpa, barata e confiável

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- Expande o período de produção industrial de etanol
- A matéria prima é, na sua maioria, a parte não comestível da planta e ainda é uma fonte de energia limpa, barata e confiável
- A liderança no uso desta matéria prima tem impacto sobre o crescimento econômico

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- Expande o período de produção industrial de etanol
- A matéria prima é, na sua maioria, a parte não comestível da planta e ainda é uma fonte de energia limpa, barata e confiável
- A liderança no uso desta matéria prima tem impacto sobre o crescimento econômico
- Envolve segurança nacional no que se refere à energia

Perspectivas do Uso de Lignocelulose para o Brasil

São positivas e relevantes porque:

- Expande o período de produção industrial de etanol
- A matéria prima é, na sua maioria, a parte não comestível da planta e ainda é uma fonte de energia limpa, barata e confiável
- A liderança no uso desta matéria prima tem impacto sobre o crescimento econômico
- Envolve segurança nacional no que se refere à energia
- Tem compromissos com o ambiente por estar inserido no ciclo do carbono

Etanol

- Não acreditar em milagres, mas na pesquisa séria e aplicada sem vínculo com o nervosismo do dólar ou da bolsa de valores ou ainda do preço do barril de petróleo

Etanol

- Não acreditar em milagres, mas na pesquisa séria e aplicada sem vínculo com o nervosismo do dólar ou da bolsa de valores ou ainda do preço do barril de petróleo
- Assumir de forma corajosa e persistente os desafios que nos são impostos pela complexidade da matéria prima

Etanol

- Não acreditar em milagres, mas na pesquisa séria e aplicada sem vínculo com o nervosismo do dólar ou da bolsa de valores ou ainda do preço do barril de petróleo
- Assumir de forma corajosa e persistente os desafios que nos são impostos pela complexidade da matéria prima
- Definir barreiras e desafios inerentes à transformação da lignocelulose em etanol

Etanol

- Não acreditar em milagres, mas na pesquisa séria e aplicada sem vínculo com o nervosismo do dólar ou da bolsa de valores ou ainda do preço do barril de petróleo
- Assumir de forma corajosa e persistente os desafios que nos são impostos pela complexidade da matéria prima
- Definir barreiras e desafios inerentes à transformação da lignocelulose em etanol
- Determinar os meios para acelerar as soluções

Etanol

- Não acreditar em milagres, mas na pesquisa séria e aplicada sem vínculo com o nervosismo do dólar ou da bolsa de valores ou ainda do preço do barril de petróleo
- Assumir de forma corajosa e persistente os desafios que nos são impostos pela complexidade da matéria prima
- Definir barreiras e desafios inerentes à transformação da lignocelulose em etanol
- Determinar os meios para acelerar as soluções
- Silêncio: ↷ mostre a chegada, mas não o trajeto

importante para a proteção intelectual

e para impedir a evasão em cadeia

Conhecer o Problema para Tomar Decisões

- Os açúcares da lignocelulose estão inteligentemente **fechados num polímero complexo**

Conhecer o Problema para Tomar Decisões

- Os açúcares da lignocelulose estão inteligentemente **fechados num polímero complexo**
- Esta estrutura foi estrategicamente desenhada para resistir às **degradações** biológicas e químicas

Conhecer o Problema para Tomar Decisões

- Os açúcares da lignocelulose estão inteligentemente **fechados num polímero complexo**
- Esta estrutura foi estrategicamente desenhada para resistir às **degradações** biológicas e químicas
- A base da conversão da lignocelulose em etanol está relacionada com a **compreensão** das estruturas químicas e físicas da parede celular e ainda com o conhecimento de fisiologia microbiana

Conhecer o Problema para Tomar Decisões

- Os açúcares da lignocelulose estão inteligentemente **fechados num polímero complexo**
- Esta estrutura foi estrategicamente desenhada para resistir às **degradações** biológicas e químicas
- A base da conversão da lignocelulose em etanol está relacionada com a **compreensão** das estruturas químicas e físicas da parede celular e ainda com o conhecimento de fisiologia microbiana
- Envolve, portanto, o entendimento da **síntese** e da **desconstrução** da parede celular e das relações entre vias metabólicas microbianas

Conhecer o Problema para Tomar Decisões

- Os açúcares da lignocelulose estão inteligentemente **fechados num polímero complexo**
- Esta estrutura foi estrategicamente desenhada para resistir às **degradações** biológicas e químicas
- A base da conversão da lignocelulose em etanol está relacionada com a **compreensão** das estruturas químicas e físicas da parede celular e ainda com o conhecimento de fisiologia microbiana
- Envolve, portanto, o entendimento da **síntese** e da **desconstrução** da parede celular e das relações entre vias metabólicas microbianas
- Com estes conhecimentos, **cultivares especificamente designadas** para a produção de biocombustível podem ser obtidas

Muito

Obrigado. E lembrem-se: mostrem a chegada mas nunca o trajeto

Fases para o Uso da Lignocelulose

■ Pesquisa

Fases para o Uso da Lignocelulose

- Pesquisa
- Implantação do Pacote Tecnológico

Fases para o Uso da Lignocelulose

- Pesquisa
- Implantação do Pacote Tecnológico
- Integração entre Sistemas

Pesquisa

- Na escolha da matéria prima deve-se ter em mente:

Pesquisa

- Na escolha da matéria prima deve-se ter em mente:
 - Sustentabilidade

Pesquisa

- Na escolha da matéria prima deve-se ter em mente:
 - Sustentabilidade
 - Conhecimento agrônômico da matéria prima

Pesquisa

- Na escolha da matéria prima deve-se ter em mente:
 - Sustentabilidade
 - Conhecimento agrônômico da matéria prima
 - Economicidade nos processos de colheita e transporte

Pesquisa

- Na escolha da matéria prima deve-se ter em mente:
 - Sustentabilidade
 - Conhecimento agrônômico da matéria prima
 - Economicidade nos processos de colheita e transporte
 - O sistema de hidrólise deve ser feita preferencialmente por ação enzimática, resultando em açúcares de 5 e 6 carbonos **prontamente assimiláveis** e lignina. A mistura não deve conter **inibidores**

Pesquisa

- Na escolha da matéria prima deve-se ter em mente:
 - Sustentabilidade
 - Conhecimento agrônômico da matéria prima
 - Economicidade nos processos de colheita e transporte
 - O sistema de hidrólise deve ser feita preferencialmente por ação enzimática, resultando em açúcares de 5 e 6 carbonos **prontamente assimiláveis** e lignina. A mistura não deve conter **inibidores**
 - Os açúcares devem ser convertidos em etanol, utilizando microrganismos que apresentem vias metabólicas adequadas

Pesquisa

- Na escolha da matéria prima deve-se ter em mente:
 - Sustentabilidade
 - Conhecimento agrônômico da matéria prima
 - Economicidade nos processos de colheita e transporte
 - O sistema de hidrólise deve ser feita preferencialmente por ação enzimática, resultando em açúcares de 5 e 6 carbonos **prontamente assimiláveis** e lignina. A mistura não deve conter **inibidores**
 - Os açúcares devem ser convertidos em etanol, utilizando microrganismos que apresentem vias metabólicas adequadas
 - Os processos devem ser integrados e consolidados para reduzir custos

Implantação do Pacote Tecnológico

- Criação de uma nova geração de matérias primas com:

Implantação do Pacote Tecnológico

- Criação de uma nova geração de matérias primas com:
 - Sustentabilidade, produtividade agrícola e composição química melhoradas

Implantação do Pacote Tecnológico

- Criação de uma nova geração de matérias primas com:
 - Sustentabilidade, produtividade agrícola e composição química melhoradas
 - Acoplamento adequado aos processos de hidrólise e de conversão de açúcares em etanol por sistemas biológicos novos de transformação

Integração entre Sistemas

- Envolve a incorporação de tecnologias competitivas:

Integração entre Sistemas

- Envolve a incorporação de tecnologias competitivas:
 - Novas matérias primas especificamente modificadas e adaptadas para um determinado agrossistema

Integração entre Sistemas

- Envolve a incorporação de tecnologias competitivas:
 - Novas matérias primas especificamente modificadas e adaptadas para um determinado agrosistema
 - Novos e melhorados processos enzimáticos destinados à hidrólise

Integração entre Sistemas

- Envolve a incorporação de tecnologias competitivas:
 - Novas matérias primas especificamente modificadas e adaptadas para um determinado agrosistema
 - Novos e melhorados processos enzimáticos destinados à hidrólise
 - Incorporação de sistemas robustos de fermentação

Integração entre Sistemas

- Envolve a incorporação de tecnologias competitivas:
 - Novas matérias primas especificamente modificadas e adaptadas para um determinado agrossistema
 - Novos e melhorados processos enzimáticos destinados à hidrólise
 - Incorporação de sistemas robustos de fermentação
 - Emprego de sistemas altamente integrados para reduzir custos, acelerar e simplificar a transformação do açúcar em etanol

Muito

Obrigado. E lembrem-se: mostrem a chegada mas nunca o trajeto

