



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCG-UFPE

Projeto Integrado de Disciplinas de Graduação – Produção de Polpa de Morango

Emerson Martim – emerson.martim@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas

Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho

CEP 80215-901 Curitiba, PR

Marcelo Rudek – marcelo.rudek@pucpr.br

Anderson Wolupeak – anderson.wolupeak@pucpr.br

Cassiano Turra – tcassianobr@yahoo.com.br

Alan T. Henriques – alantomaz@hotmail.com

Alisson A. de Oliveira – alissoncarrasco@hotmail.com

André L. G. de Oliveira – andluga@pop.com.br

***Resumo:** Este trabalho está relacionado ao desenvolvimento de um projeto integrado entre as disciplinas curriculares do segundo período do curso de graduação de Engenharia Mecatrônica (Controle e Automação) da PUCPR. As disciplinas envolvidas foram Fundamentos de Processos, Álgebra Linear, Técnicas de Programação e Cálculo Diferencial e Integral II. Exigiu-se conceitos de balanço material, cálculo de volumes, resolução de sistema linear, implementação em linguagem C⁺⁺. O projeto consistiu de um estudo da produção de polpa de morango com certas especificações, adequação da produção em recipientes estipulados, controle de estoque do material.*

***Palavras-chave:** projeto integrado, Integração de programas de aprendizagem, produção de polpa de morango*

1. INTRODUÇÃO

Foi implementado no ano de 2000 no curso de Engenharia Mecatrônica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) o projeto integrado, que consiste no desenvolvimento de um trabalho que integre todas ou a maioria dos programas de aprendizagem envolvidos em um semestre regular do curso de graduação. Para o segundo semestre do curso, as disciplinas básicas são: Fundamentos de Processos, Álgebra Linear, Técnicas de Programação e Cálculo II. Os professores responsáveis por estes programas de aprendizagem se reuniram previamente ao início do semestre letivo e elaboraram um projeto que integrava estas disciplinas, além da viabilidade dos alunos realizá-lo ao final do semestre.

1.1 Projeto

Para o segundo semestre de 2004, o projeto integrado consistiu de viabilizar uma indústria que produzisse uma geléia de morango. As seguintes informações de processo fornecidas:

Morangos frescos contêm 15,0% de sólidos e 85,0% de água em massa. Para a fabricação de polpa de morango, os mesmos são desintegrados com açúcar puro (sacarose) na proporção 45:55 em massa, respectivamente. A mistura é aquecida, evaporando água até que o produto final (polpa) contenha 1/3 de água em massa. A polpa tem densidade específica igual a 1,1. Deseja-se produzir uma quantidade diária de polpa, de forma a abastecer o equipamento que estará injetando o produto em frascos adequados, lacrando-os e rotulando-os. No rótulo deve-se constar a data da produção, o lote e a composição mássica. Para atender uma demanda do mercado, existem 3 tipos de frascos específicos, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Dimensões dos Frascos

Frasco	Formato	Dimensões (cm)
1	cilíndrico	Diâmetro = 15,0 Altura = 13,0
2	Área de base hexagonal	Aresta = 10,0 Altura = 15,0
3	paralelepípedo	10×15×17

O departamento de logística deve informar com 3 dias de antecedência, qual deve ser a produção diária, de forma a manter o estoque em um certo nível. Por exemplo, para o dia 14 de novembro, a produção deve ser de 300 unidades do frasco 2. A partir do documento emitido pelo departamento de logística, deve-se determinar qual a quantidade de morango fresco e de açúcar deve ser solicitado para a produção da geléia. Deve-se determinar também a composição mássica da geléia e a quantidade de água evaporada no processo.

Um outro produto que pode ser produzido é uma geléia menos adocicada, sendo para isso, a razão morango/açúcar alimentado variando entre 45:55 e 60:40 em massa. Este produto especial tem uma produção limitada. Portanto, o fornecedor pode solicitar qual o valor desta razão e a quantidade desejada. Para este produto específico, a máquina somente trabalha com frascos do tipo 1.

Para cada quantidade requerida, deve ser emitido um relatório constando das quantidades necessárias de cada material (morango fresco e açúcar), além da composição mássica da geléia, que deve ser informada no rótulo do produto a ser vendido. No relatório deve-se constar ainda, a quantidade de frascos produzidas naquele lote e o número do lote.

1.2 Polpa de Morango

A conservação do morango por longos períodos, com propriedades semelhantes às da fruta fresca, ainda é um desafio tecnológico a ser vencido. Nenhum método economicamente viável preserva a qualidade da fruta fresca, o que resulta na perda de suas características peculiares de textura, aroma, cor e sabor. Também por sua composição química complexa, todos os produtos processados de morango, geléias e sucos, por exemplo, mesmo elaborados e embalados com alta tecnologia, têm vida-de-prateleira relativamente curta, com perdas expressivas de cor e sabor. A perda de qualidade é diretamente proporcional ao tempo e temperatura elevados ao qual o produto é exposto no processamento e durante seu período de comercialização. Portanto, para que o industrial tenha produtos que preservem suas características de qualidade, torna-se necessário que o produto tenha um giro rápido no mercado, sendo repostado continuamente durante o ano nas prateleiras. Desse fato conclui-se grande parte da safra deve ser armazenada para posterior processamento. A busca por produtos mais próximos do natural e com alto grau de saudabilidade tem levado os fabricantes a abandonarem métodos altamente artificiais de conservação e processamento, como a adição de conservantes do tipo sulfitos, benzoatos e sorbatos. Da mesma forma, a adição de corantes

e aromas artificiais tem sido banida. Do exposto, conclui-se que alguma forma de conservação deve ser utilizada anteriormente a industrialização, não sendo recomendável elaborar produtos apenas na safra, os quais poderão perder sua qualidade na cadeia de comercialização, se expostos por tempos prolongados. Da mesma forma, existe a dificuldade das empresas processarem altas quantidades desta fruta apenas no período de safra, em virtude da alta escala de produção exigida (KLUGE, JACOMINO e TESSARIOLI, 2004).

Como polpa de morango subentende-se que os morangos foram submetidos a passagem por uma despulpadeira que os tornaram uma massa homogênea, perdendo completamente a forma inicial. De maneira geral o comércio de polpas deste produto é restrito, uma vez que pedaços, cubos, fatias e morangos inteiros são mais valorizados, exceto para sucos, por que aumentam a textura e proporcionam ao consumidor maior prazer na mastigação.

O processamento térmico foi o primeiro método usando na conservação do morango. Mesmo causando alterações de sabor e cor ainda é praticado para diversas finalidades. Um grande segmento da indústria utiliza este tipo de produto para fabricação de sorvetes, recheios de doces, iogurtes, e minimizam as alterações de cor e sabor, por meio de agentes flavorizantes e corantes. Os processos mais conhecidos são: pasteurização em recipientes metálicos e enchimento asséptico (EMBRAPA, 2004).

Com relação a quantidade de fruta na geléia, a legislação brasileira estabelece dois tipos: 1- Geléia Comum que deve ter 40 partes de fruta para 60 partes de açúcar. 2-Geléia Extra com 50 partes de fruta para 50 partes de açúcar.

Ponto crucial e de difícil observação é o momento de retirar a geléia do aquecimento, com a certeza de que ela formará um gel. O refratômetro que mede a concentração dos sólidos em °Brix é a forma mais precisa, sendo utilizado no âmbito da indústria. Para pequenos produtores e donas de casa que não dispõem deste aparato, existem várias formas menos precisas, mas que com a prática freqüente, pode torná-las um bom indicador. Uma delas é baseada na temperatura de ebulição da geléia no seu final. Outra forma é o resfriamento e escorrimento sobre uma colher. O tempo máximo de armazenamento e comercialização não deve ser superior a 6 meses. Após este prazo o produto não apresenta mais uma coloração adequada, a cor tende ao marrom devido a degradação de antocianinas e outras reações de caramelização. Para se conservar a qualidade visual do produto recomenda-se que prazo de comercialização não seja superior a 3 meses.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na parte de desenvolvimento, a partir da quantidade requerida de determinado frasco, deve-se apresentar quais são os balanços de massa obtidos. A partir dos balanços de massa, deve-se montar um sistema de equações lineares e apresentá-lo no relatório.

Escolhe-se um método matemático para solução de tal sistema de equações lineares, justificando a escolha. Implementar a solução do sistema pelo método escolhido.

Em seguida, deve-se desenvolver um programa em linguagem C++ para simular a produção. O programa deve realizar os cálculos referentes a produção de geléia e apresentar os valores calculados. O programa também deve informar se a quantidade em estoque, está ou não em um nível adequado; ler o documento (arquivo texto) do departamento de logística com as informações da produção diária necessária; e usar os dados na simulação; permitir a entrada de dados para simulação, como tipo dos frascos, produção diária, quantidade de morango; gerar um relatório (arquivo texto) com a produção diária; representar graficamente o processo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as informações do problema projeto proposto, pode-se montar um fluxograma do processo, apresentado na Figura 1. A corrente Q_1 é constituída de morango fresco, com 15,0% de sólidos e 85,0% em massa de água. A corrente de alimentação do processo Q_2 é de sacarose pura. A corrente Q_3 representa a água evaporada durante o processo de evaporação e a corrente Q_4 represente a polpa final produzida. Sabe-se que esta polpa deve conter 1/3 de água. A quantidade Q_4 de polpa produzida deve ser informada.

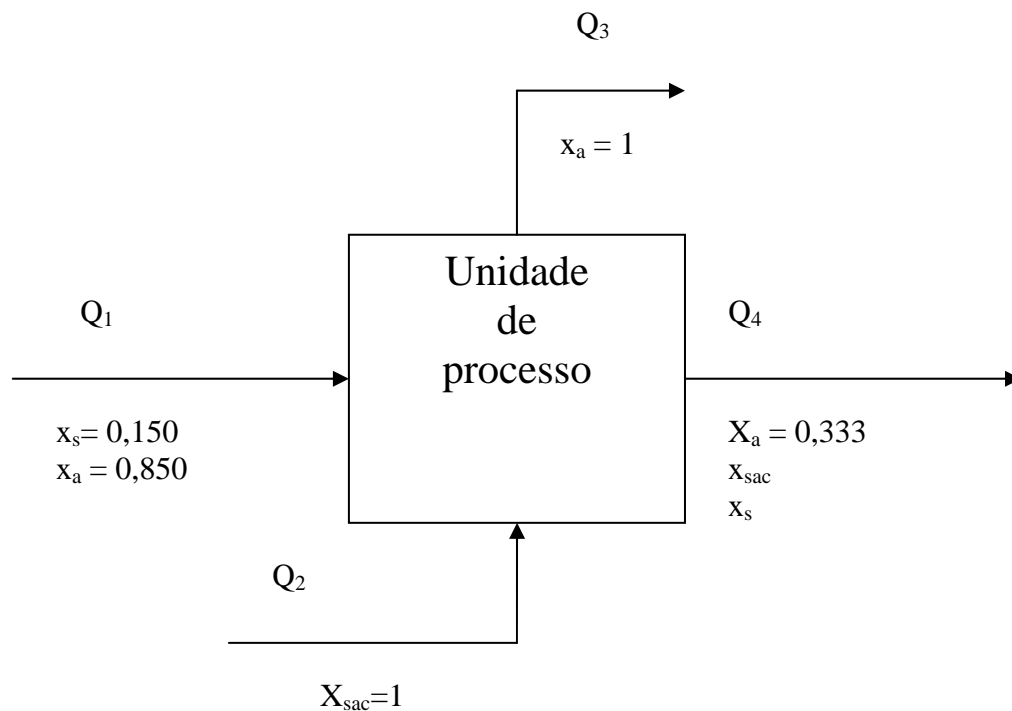


Figura 1 – Fluxograma simplificado do processo

Neste processo podem-se desenvolver balanços materiais por componente e global. Para um processo em regime permanente, sem reação química, a quantidade de matéria que entra no processo, deve sair do processo, portanto os seguintes balanços materiais podem ser escritos (FELDER e ROUSSEAU, 1999):

$$\text{Global: } Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 \quad (1)$$

$$\text{Sacarose: } Q_2 = (x_{\text{sac}})_4 \cdot Q_4 \quad (2)$$

$$\text{Sólido: } 0,15 Q_1 = (x_s)_4 \cdot Q_4 \quad (3)$$

Sabe-se ainda a relação entre morango e açúcar adicionados na proporção 45:55. Chamemos esta razão de R. Desta forma,

$$\frac{Q_1}{Q_2} = R \Rightarrow Q_1 = RQ_2 \quad (4)$$

A soma das frações mássicas dos componentes que constituem uma corrente deve ser igual a 1. Para a corrente Q_4 :

$$(x_a)_4 + (x_s)_4 + (x_{sac})_4 = 1 \Rightarrow (x_s)_4 + (x_{sac})_4 = 1 - (x_a)_4 = 0,667 \quad (5)$$

Tem-se, portanto, um sistema com 5 equações lineares equações (1) a (5) e com 5 incógnitas (Q_1 ; Q_2 ; Q_3 ; $(x_s)_4$ e $(x_{sac})_4$):

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -Q_4 & 0 \\ 0,15 & 0 & 0 & 0 & -Q_4 \\ 1 & -R & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ (x_{sac})_4 \\ (x_s)_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0,667 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Este desenvolvimento referiu-se à disciplina de Fundamentos de Processos, onde a partir dos dados de um processo real, desenvolveu-se as equações, chegando-se a um sistema de equações lineares.

Calculou-se o volume dos 3 recipientes, utilizando os conceitos básicos de Cálculo Integral e Diferencial (KOLMAN E HILL, 1998), conforme as medidas apresentadas no enunciado, encontrando-se os valores apresentados na Tabela 2. Por uma questão de segurança e padronização, adotou-se que o volume de geléia em cada frasco deve corresponder à 90,0% de sua capacidade e o volume calculado de geléia em cada frasco também está apresentado na Tabela 2. Através da densidade específica da geléia de 1100 kg/m^3 , pôde-se calcular a quantidade em massa de geléia deve ser adicionada a cada frasco, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Volume e massa de geléia por frasco

Frasco	Volume frasco (cm^3)	Volume de geléia (cm^3)	Massa de geléia (kg)
1	2297	2067	2,274
2	3897	3507	3,858
3	2250	2025	2,228

Consideremos um pedido de 500 frascos do tipo 2, com proporção $R= 45/55$.

Massa de geléia necessária (Q_4): $500 \times 3,858 = 1929 \text{ kg}$

Se voltarmos ao sistema (6) com estas informações, é possível calcular as variáveis desconhecidas. Devia-se criar um programa que resolvesse este sistema linear por algum método matemático visto na disciplina de Álgebra Linear.

Para os dados solicitados, os seguintes valores foram obtidos:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 937,4 \text{ kg} & Q_2 &= 1146 \text{ kg} & Q_3 &= 154,5 \text{ kg} \\ (X_{sac})_4 &= 0,594 & (X_s)_4 &= 0,073 \end{aligned}$$

Portanto conclui-se que para a produção de 500 frascos do tipo 2, são necessários, 937,4 kg de morango, 1146 kg de açúcar, são evaporados 154,4 kg de água e a composição final da geléia é de 33,3% de água, 59,9% de açúcar e 7,3% de sólidos.

Desenvolveu-se um programa em linguagem **Borland ++ Builder**. Ao clicar no menu “Geléias” aparecerão as opções de geléia existentes. Quando se escolhe a opção “Normal” a tela apresentada na Figura 2 aparecerá.

Dados da produção	
Vazão de morango (g)	
Vazão de açúcar (g)	
Vazão de água evaporada (g)	
Vazão de geléia (g)	
Porcentagem de morango na geléia	
Porcentagem de açúcar na geléia	
Porcentagem de água na geléia	
Lote	

Figura 2 – Geléia com razão 45/55

Esta janela apresenta os dados da produção de uma geléia com proporção morango/açúcar fixa em 45:55. Se o usuário clicar em “Abrir pedido” irá aparecer uma janela para se escolher o arquivo do tipo texto que contém os dados da produção diária enviado pelo departamento de logística. O usuário pode entrar com dados sem precisar do documento da logística, ele apenas precisa digitar as informações nos Edit’s e clicar no botão “Calcular”.

Após a escolha do documento enviado pela logística e clicar-se em “Calcular” o programa informará o tipo do frasco, a quantidade a ser produzida, as vazões referentes à produção, a porcentagem dos ingredientes da geléia e o número do lote (Figura 3).

Dados da produção	
Vazão de morango (g)	117600,1015625
Vazão de açúcar (g)	144000,125
Vazão de água evaporada (g)	21600,017578125
Vazão de geléia (g)	240000,203125
Porcentagem de morango na geléia	0,0666666328907013
Porcentagem de açúcar na geléia	0,600000023841858
Porcentagem de água na geléia	0,333333343267441
Lote	LN-1

Figura 3 – Resultado gerado na tela

A opção “Gerar relatório diário” abre uma janela para que o usuário escolha o nome e o local onde o relatório do com extensão text (nome_do_arquivo.txt) será salvo. O relatório contém todas as informações da produção e a data do dia de fabricação da geléia.

Se for escolhida a opção “Gráfico” uma outra janela, igual a janela apresentada na Figura 4, irá aparecer. O botão “Gerar gráficos” irá gerar um gráfico com as informações das vazões calculadas no programa.

Caso se deseje uma geléia especial, a tela apresentada na figura 5 aparecerá. O procedimento é o mesmo do caso anterior, com a única diferença que neste caso, a razão R pode ser alterada. Neste caso, a porcentagem de morango é de 60%, e portanto $R = 60/40 = 1,5$.

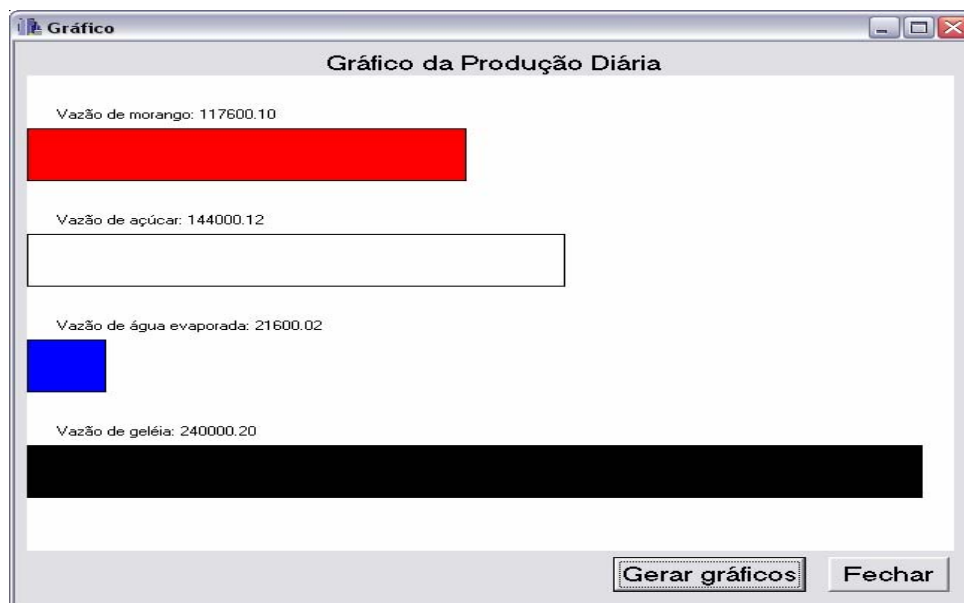
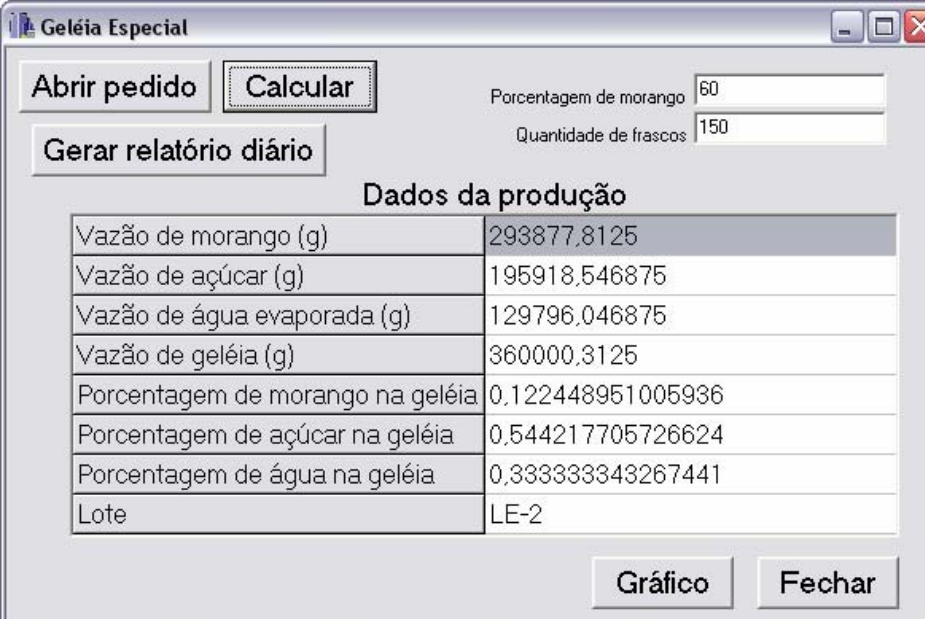


Figura 4 – Valores produzidos em forma de gráfico



Geléia Especial

Abrir pedido Calcular

Porcentagem de morango 60

Quantidade de frascos 150

Gerar relatório diário

Dados da produção

Vazão de morango (g)	293877.8125
Vazão de açúcar (g)	195918.546875
Vazão de água evaporada (g)	129796.046875
Vazão de geléia (g)	360000.3125
Porcentagem de morango na geléia	0,122448951005936
Porcentagem de açúcar na geléia	0,544217705726624
Porcentagem de água na geléia	0,333333343267441
Lote	LE-2

Gráfico Fechar

Figura 5 – Tela pra geléia com proporções variadas

4. CONCLUSÕES

O objetivo maior do projeto integrado foi alcançado, pois mostrou a integração existente entre as disciplinas curriculares, além de apresentar uma aplicação prática dos conceitos dos programas de aprendizagem de Cálculo, Álgebra Linear, Fundamentos de Processos e Técnicas de Programação no curso de Engenharia mecatrônica.

Ao final do semestre, foi realizada uma apresentação oral para uma banca de professores, exigindo-se além do domínio de todos os conteúdos dos programas de aprendizagem envolvidos, uma desenvoltura pra apresentação em público.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. Sistema de Produção do Morango: Conservação de morango para a elaboração de produtos industrializados. Disponível em:

<<http://www.cpact.embrapa.br/sistemas/morango/?cap=14>.> Acessado em 3 out. 2004.

FELDER, R.M. and ROUSSEAU, R.W. “Elementary Principles of Chemical Process” 3rd edition, Editora John Wiley and Sons., 675p. 1999,

KLUGE, R. A. , JACOMINO, A. P. , TESSARIOLI NETO, J. Colheita, pós-colheita e qualidade do morango. Disponível em:

<<http://www.ciagri.usp.br/~rakluge/pcmoran.html>> Acesso em 17 out. 2004.

KOLMAN, B.; HILL, D. R. Introdução à álgebra linear com aplicações. 6^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 554 p. 1998.

LEÃO, M. Introdução ao Borland C++ Builder. Rio de Janeiro: Axcel Books, 165 p. 1998.

Integrated project of graduate course – strawberry production

Abstract: *This work is about the development of an integrated project between curricular courses of the second period of Mecatrônica Engineering (Control and Automation) of PUCPR. The courses involved was Process Fundamentals, Linear algebra, Program Techniques, Differential and Integration Calculation. The conceits of material balance, volume calculation, linear system resolution and language C⁺⁺ implementation was required. The project consisted of a study of strawberry production with any specifications, production in stipulated recipients and material control.*

Key-words: *integrated project; integration of courses; strawberry production*

