

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

### **Funções utilizadas do *software* POWERSIM.**

- DELAYPPLINF: pertence ao grupo de funções classificadas como históricas. Estas funções associam seu resultado presente a um valor passado. Sua sintaxe é - DELAYPPLINF(variável de entrada, tempo de defasagem, tempo de defasagem máximo, movimento inicial).
- DELAYPPLMTR: também pertence ao grupo de funções históricas. Sua sintaxe é - DELAYPPLMTR(variável de entrada, tempo de defasagem, tempo de defasagem máximo, movimento inicial). A principal diferença entre as funções DELAYPPLINF e DELAYPPLMTR, é que a primeira refere-se ao movimento de informações no sistema, ao passo que a segunda refere-se ao movimento de materiais no sistema.
- DIVZ0: é encontrada no grupo de funções matemáticas. Utilizada no lugar do símbolo de divisão ( / ), faz com que o resultado de uma divisão por zero seja zero.
- GRAPH: é a representação gráfica de uma função. Sua sintaxe é GRAPH(«x», «x0», «dx», «Y(\*)»), onde “x” representa o valor da variável de entrada, “x0” representa o menor valor que está variável pode

assumir, “dx” sua variação na visualização gráfica e “Y(\*)” os valores que “Y” assume para cada valor de “X”.

- IF: é uma função condicional. Sua sintaxe é - IF(condição, Valor1, Valor2) - ou seja, se a “condição” for verdadeira, então a variável assumirá o “valor1”, senão assumirá o “valor2”.
- MAX: é uma função estatística, que determina o maior valor entre um conjunto de valores observados. Sua sintaxe é - MAX(«x1», «x2» «[,x3,..., xN]»).
- MIN: é uma função estatística, que determina o menor valor entre um conjunto de valores observados. Sua sintaxe é - MIN(«x1», «x2» «[,x3,..., xN]»).
- PAUSEIF: pertence ao grupo de funções de controle. Sua sintaxe é - PAUSEIF(condição), ou seja, se a “condição” for atendida, o modelo para a simulação. Isto permite que sejam feitas alterações nos valores dos parâmetros do modelo e que se reinicie a simulação a partir deste ponto.
- PULSE: encontra-se no grupo de funções relacionadas ao tempo. Sua sintaxe é - PULSE(valor, primeiro, intervalo). Esta função indica que um parâmetro assumirá o “valor” pré-estabelecido, no tempo “primeiro” repetindo o mesmo valor de acordo com seu “intervalo”.
- SINWAVE: também se encontra no grupo de funções relacionadas ao tempo. Sua sintaxe é - SINWAVE(amplitude, período) - dessa forma estabelece oscilações nos valores de um parâmetro de acordo com a amplitude e período preestabelecidos.

## APÊNDICE B

### Abreviações

- ASE: ajuste sobre estoque
- Atend: atendimento
- BG: Boi gordo
- Carc: carcaça
- Cons: consumo
- Def: defasagem
- Desc: descarte
- ED: estoque desejado
- frig: frigorífico
- Hab: habitante
- M: mudança
- Md: médio
- MP: mudança de preço
- Nasc: nascimento
- NP: novilho precoce
- P: produtor
- Perc: percentual
- Proc: processamento
- Rend: rendimento
- S: sobre
- Tp: tempo
- Tx: taxa
- Var: variação
- Vdesc: vacas de descarte

## **APÊNDICE C**

## 1. O processo de simulação<sup>1</sup>

O propósito da modelagem está na formação de uma estrutura composta por fluxos e estoques, a qual possa reproduzir o comportamento do sistema real. Portanto deve-se estabelecer como cada variável dentro do modelo influenciará a si própria com o passar do tempo. Isto pode ser descrito através da seguinte equação:

$$Estoque_t = Estoque_{t-1} + Fluxo_{dt} \quad (1)$$

Em que:

$Estoque_t$  = estoque no período t;

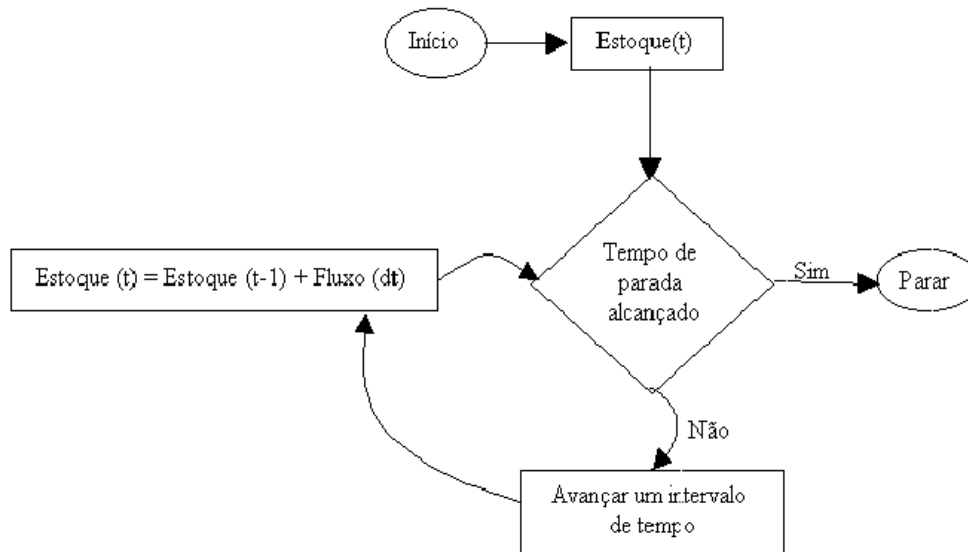
$Estoque_{t-1}$  = estoque no período anterior a t; e

$Fluxo_{dt}$  = fluxo no intervalo de tempo t-1 a t ( $dt$ ).

Esse processo continua até atingir o tempo de parada preestabelecido (Figura 1C).

---

<sup>1</sup> Baseado em POWERSIM (1996a e 1996b).



Fonte BYRKNES e MYRTVEIT (1996).

Figura 1C. - Processo de simulação.

## 2. Integração pelo Método de Euler

Considerando-se  $E_t$  um estoque no período  $t$  e  $F(E_t, t)$  um fluxo (derivado) do estoque  $E_t$  no tempo  $t$ , temos que o *software* executa os seguintes passos para calcular a integral no intervalo  $t + \Delta\tau$ .

1.º Passo: Calcular o fluxo derivado quando  $t = T$

$$Fluxo = (Estoque_T, T) \quad (2)$$

2.º Passo: Calcular o valor do estoque em  $t = T + \Delta\tau$

$$Estoque_T + \Delta\tau = Estoque_T + \Delta\tau * Fluxo \quad (3)$$

### 3. Integração pelo Método de Runge-Kutta

#### *Integração de segunda ordem*

Este algoritmo usa o cálculo de dois fluxos em um intervalo de tempo ( $\Delta\tau$ ) para criar uma mudança estimada em um estoque nesse mesmo intervalo.

1.º Passo: Estimar dois pontos no fluxo do intervalo  $T$  até  $T + \Delta\tau$

$$F1 = \Delta\tau * F(E_T, T) \quad (4)$$

$$F2 = \Delta\tau * F(E_T + F1, T + 3/4 * \Delta\tau) \quad (5)$$

2.º Passo: Calcular a estimativa de segunda ordem de  $E_{T+}$  usando-se a média ponderada de  $F1$  e  $F2$ .

$$E_{T+} \Delta\tau = E_T + 1/3 * F1 + 2/3 * F2 \quad (6)$$

#### *Integração de terceira ordem*

Assemelha-se a de segunda ordem, usando o cálculo de três fluxos em um intervalo de tempo ( $\Delta\tau$ ), ao invés de dois. A mudança no estoque é feita através da estimativa da média ponderada desses cálculos.

1.º Passo: Estimar três pontos no fluxo do intervalo  $T$  até  $T + \Delta\tau$ .

$$F1 = \Delta\tau * F(E_T, T) \quad (7)$$

$$F2 = \Delta\tau * F(E_T + 1/2 * F1, T + 1/2 * \Delta\tau) \quad (8)$$

$$F3 = \Delta\tau * F(E_T + 3/4 * F2, T + 3/4 * \Delta\tau) \quad (9)$$

2.º Passo: Calcular a estimativa de 3ª ordem de  $E_{T+}$  usando-se a média ponderada dos fluxos estimados.

$$E_{T+} \Delta\tau = E_T + 2/9 * F1 + 3/9 * F2 + 4/9 * F3 \quad (10)$$

#### *Integração de quarta ordem com passo fixo*

Adota-se o mesmo procedimento, porem usando-se o cálculo de quatro fluxos em um intervalo de tempo.

1.º Passo: Estimar quatro pontos no fluxo do intervalo  $T$  até  $T + \Delta\tau$ .

$$F1 = \Delta\tau * F(E_T, T) \quad (11)$$

$$F2 = \Delta\tau * F(E_T + 1/2 * F1, T + 1/2 * \Delta\tau) \quad (12)$$

$$F3 = \Delta\tau * F(E_T + 1/2 * F2, T + 1/2 * \Delta\tau) \quad (13)$$

$$F4 = \Delta\tau * F(E_T + F3, T + \Delta\tau) \quad (14)$$

2.º Passo: Calcular a estimação de 4ª ordem de  $E_{T+\Delta\tau}$  usando-se a média ponderada dos fluxos estimados.

$$E_{T+\Delta\tau} = E_T + 1/6 * F1 + 2/6 * F2 + 2/6 * F3 + 1/6 * F4 \quad (15)$$

#### *Integração de quarta ordem com passo variável*

O principal propósito desse método está em se alcançar alguma precisão com o mínimo uso da computação.

1.º Passo: Estimar quatro pontos no fluxo do intervalo  $T$  até  $T + \Delta\tau$ .

$$F1 = \Delta\tau * F(E_T, T) \quad (16)$$

$$F2 = \Delta\tau * F(E_T + 1/2 * F1, T + 1/2 * \Delta\tau) \quad (17)$$

$$F3 = \Delta\tau * F(E_T + 1/2 * F2, T + 1/2 * \Delta\tau) \quad (18)$$

$$F4 = \Delta\tau * F(E_T + F3, T + \Delta\tau) \quad (19)$$

2.º Passo: Calcular a estimação de 4ª ordem do fluxo, usando-se a média ponderada dos fluxos estimados.

$$C4 = 1/6 * (F1 + 2 * F2 + 2 * F3 + F4) \quad (20)$$

3.º Passo: Calcular a estimação de 3ª ordem do fluxo, usando-se a média ponderada dos fluxos estimados.

$$C3 = 1/3 * (F2 + 2 * F3) \quad (21)$$

4.º Passo: Calcular um erro estimado para a diferença entre a 3ª e 4ª estimativa.

$$E = ABS(C4 - C3) \quad (22)$$

5.º Passo: Calcular um erro “limite” aceitável.

$$A = AbsERROR + ABS(ReIERROR * C4) \quad (23)$$

6.º Passo: Repetir os passos de 1 a 5, com menores  $\Delta\tau$ , se  $E > A$  para um ou mais níveis

7.º Passo: Calcular a estimativa de 4ª ordem de  $E_{T+\Delta\tau}$

$$E_{T+\Delta\tau} = E_T + C4 \quad (24)$$

## APÊNDICE D

### Equações

- Animais\_para\_engorda
  - [INIT]** Seleção\_para\_engorda
  - ⇒** -dt\*Selecao\_BG
  - +dt\*Seleção\_para\_engorda
  - dt\*seleção\_de\_NP
  - [E]** 159712.326683905
- BG
  - [INIT]** acabamentoo\_BG
  - ⇒** +dt\*acabamento\_BG
  - dt\*vendas\_BG
- Bois\_no\_acabamento
  - [INIT]** Selecao\_BG\*Tp\_de\_acabamento\_BG
  - ⇒** -dt\*acabamento\_BG
  - +dt\*Selecao\_BG
- Carcaças
  - [INIT]** ED\_frig
  - ⇒** +dt\*Proc\_NP
  - +dt\*Proc\_BG
  - +dt\*Proc\_Vacas
  - dt\*vendas\_varejo
- Carnes\_no\_Varejo
  - [INIT]** ED\_varejo
  - ⇒** +dt\*vendas\_varejo
  - dt\*Consumo
- cria
  - [INIT]** Nascimento\*Tp\_aleitamento
  - ⇒** +dt\*Nascimento
  - dt\*Aleitamento
  - [E]** Fase que compreende os cuidados com o animal do nascimento ao desmame que é feito em média aos 8 meses.
- NP
  - [INIT]** acabamentoo\_NP
  - ⇒** +dt\*acabamento\_NP
  - dt\*vendas\_NP
  - [E]** Animais que durante o período de engorda atingiram os padrões de classificação de novillo precoce.

- NP\_no\_acabamento
  - seleção\_de\_NP\*Tp\_acabamento\_de\_NP
  - dt\*acabamento\_NP
  - +dt\*seleção\_de\_NP
- População
  - 15120400
  - +dt\*cresc\_populacional
- Preço\_consumo
  - 2.413343065544178000
  - +dt\*M\_no\_preço\_cons
  - 2.500000001080442 2.412
- Preço\_frig\_varejo
  - preço\_desejado\_frig
  - +dt\*M\_preço\_frig\_varejo
- Qualidade\_percebida
  - Indicador\_de\_Qualidade\_real
  - +dt\*M\_na\_qualidade
- recria
  - Aleitamento\*Tp\_maturação
  - +dt\*Aleitamento
  - dt\*Seleção\_para\_engorda
  - dt\*reposição\_de\_novilhas
  - Compreende os cuidados como os animais do desmame até a idade reprodutiva. Essa fase dura de 12 a 20 meses em média.
- Vacas
  - 472633.774791703800
  - +dt\*Parição
  - +dt\*reposição\_de\_novilhas
  - dt\*Cruzamento
  - dt\*Descarte
  - 472633.5425068211
- Vacas\_gestação
  - Cruzamento\*(Tp\_gestação+Tp\_para\_cio)
  - dt\*Parição
  - +dt\*Cruzamento
  - São consideradas vacas em gestação os animais que encontram-se no intervalo de tempo entre uma cobertura e outra.
- Vdesc
  - Descarte
  - +dt\*Descarte
  - dt\*Venda\_de\_Vacas
- acabamento\_BG
  - = DELAYPFLMTR(Seleção\_BG, Tp\_de\_acabamento\_BG, 32,Seleção\_BG)
  - Corresponde a transferência dos Bois Gordos do rebanho de engorda para um rebanho que está a venda.
- acabamento\_NP
  - = DELAYPFLMTR(seleção\_de\_NP, Tp\_acabamento\_de\_NP, 27,seleção\_de\_NP)
  - Corresponde a transferência dos Novilhos Precoces do rebanho de engorda para um rebanho que está a venda.
- Aleitamento
  - = DELAYPFLMTR(Nascimento, Tp\_aleitamento, 27, Nascimento)
  - Fase de transição dos animais de cria para recria
- Consumo
  - = MIN(Carnes\_no\_Varejo, Demanda)
  - Assume-se que será consumido a parte da demanda que estiver em estoque.
- cresc\_populacional
  - = População\*Tx\_cresc\_mensal\*cresc
- Cruzamento
  - = (Vacas - Descarte) \* Tx\_de\_prenhez
  - Assume a pressuposição de que serão cruzadas as vacas que não foram selecionadas para o descarte. Destas vacas cruzadas apenas um percentual (tx de prenhez) ficara gestante, o restante voltará para o rebanho de matrizes sofrendo novo descarte antes de ser novamente cruzado.
- Descarte
- Entregas\_ao\_Frig
  - = Proc\_BG + Proc\_NP + Proc\_Vacas
- Formação\_de\_pedidos\_frig\_P
  - = MAX( (ED\_frig - Carcaças), 0 ) + vendas\_varejo \* GRAPH(Perc\_ASE\_Carcaças\_Frig,-0.5,0.1, [1,1,1,1,1,1,0.98,0.96,0.93,0.9,0.86,0.82,0.78,0.71,0.62,0.45\*Min:0;Max:1;Zoom!])
  - A formação de pedidos do frigorífico para o produtor ocorre pela necessidade do frigorífico atender sua demanda. Assim uma de suas preocupações está em manter seus estoques no nível desejado, a outra está em repor o que foi vendido. Em situações que o estoque atual

⇒ Venda\_de\_Vacas

= IF ( (Pedidos\_ao\_P- Proc\_NP- Proc\_BG) > 0, MIN( ( Pedidos\_ao\_P- Proc\_NP- Proc\_BG)/  
(Peso\_Md\_Vacas \* Rend\_Md\_Carc\_Vacas), Vdesc), 0)




☰ Na venda de animais para o frigorífico, são priorizadas a venda de novilhos, seguido da venda de bois e por último a venda de vacas.



⇒ vendas\_BG

= IF ( (Pedidos\_ao\_P- Proc\_NP) > 0, MIN( ( Pedidos\_ao\_P- Proc\_NP)/ (Peso\_Md\_BG \*  
Rend\_Md\_Carc\_BG), BG), 0)

⇒ vendas\_NP

= MIN( (Pedidos\_ao\_P/ (Peso\_M\_NP\*Rend\_Md\_Carc\_NP)), NP)

- Pausa\_no\_modelo
  - = PAUSEIF(TIME=2)
  -  Variável de pausa na simulação para que se façam as alterações estratégicas.
- Pedidos\_ao\_P
  - = DELAYPPLINF(Formação\_de\_pedidos\_frig\_P, Tp\_de\_negociações, 27, Formação\_de\_pedidos\_frig\_P)
  -  Esta variável apenas incorpora o tempo necessário para o produtor atender os pedidos do frigorífico.
- Perc\_ASE\_Carças\_Frig
  - = (Carças - ED\_frig) DIVZ0 ED\_frig
  -  Esta variável incorpora as distorções percentuais entre o estoque atual de carças e o estoque desejado.
- P...

- $Tp\_para\_alcançar\_o\_mercado$   
 $= Def\_de\_atend\_frig + Tp\_de\_negociações + Falhas\_de\_coord\_NP$   
 Representa o tempo decorrente entre o abate de novilhos e a disponibilidade desta carne para o consumidor final.
- $Tx\_cresc\_mensal$   
 $= (1 + (Tx\_cresc\_anual/100))^{(1/12)} - 1$
- $tx\_de\_desc\_desejada$   
 $= GRAPH(Var\_perc\_preco\_cons, -0.4, 0.1, [0.24, 0.23, 0.22, 0.21, 0.2, 0.19, 0.18, 0.17, 0.16] Mn: 0.16; Max: 0.24)$   
 A pressuposição aqui é que o produtor irá aumentar ou baixar a tx de descarte de acordo com a tendência de preços no mercado, se esta estiver ascendente ele irá reter animais no rebanho para aumentar a produção, e se o preço for descendente ele irá descartar animais para baixar a produção. A tx de descarte varia de 16 a 24%.
- $Tx\_de\_desc\_real\_anual$   
 $= GRAPH(Var\_perc\_preco\_cons, -0.4, 0.1, [0.24, 0.23, 0.22, 0.21, 0.2, 0.19, 0.18, 0.17, 0.16] Mn: 0.16; Max: 0.24)$

- ◇ Peso\_Md\_BG  
= 0.00042  
0.00052
- ◇ Peso\_Md\_Vacas  
= 0.00042  
0.00052
- ◇ Peso\_médio  
= 0.00052
- ◇ Rend\_Md\_Carc\_BG  
= .52
- ◇ Rend\_Md\_Carc\_NP  
= .55
- ◇ Rend\_Md\_Carc\_Vacas  
= .5
- ◇ Rend\_médio  
= 0.51
- ◇

