

# CICLO OPERACIONAL DE EQUIPAMENTOS DE TRAÇÃO ANIMAL PARA TRANSPORTE DE CANA-DE-AÇÚCAR EM REGIÕES DE TOPOGRAFIA DECLIVOSA

Eduardo Fernando Sobral da Costa\*  
Luiz Geraldo Mialhe\*\*  
Wallace Benedito Guedes\*  
Djalma Euzébio Simões Neto\*

## RESUMO

Nas áreas declivosas do Nordeste brasileiro, abrangendo o Sul do Estado de Pernambuco e o Norte do Estado de Alagoas, o transporte intermediário de cana-de-açúcar tem sido feito por animais domésticos, através de cangalhas e zorras.

Nos primeiros estudos visando mecanizar o transporte intermediário nessas áreas, verificou-se a necessidade de se obter informações sobre o fluxo de transporte - FT, apresentado pelos sistemas tradicionais, a fim de permitir comparações e estudo de formas alternativas de manejo visando aumentar-lhes a eficiência.

Através da análise dos eventos que caracterizam o ciclo operacional da cangalha e zorra, chegou-se a uma equação expressando FT em função de:

$D_c$  = distância percorrida com equipamento carregado em m

$D_v$  = distância percorrida com equipamento vazio, em m

$Q_c$  = fluxo de carregamento, em kg/s

$Q_d$  = fluxo de descarregamento, em kg/s

$V_c$  = velocidade de deslocamento carregado, em m/s

$V_v$  = velocidade de deslocamento vazio, em m/s

$C$  = carga transportada, em kg

No levantamento de campo selecionou-se 6 usinas de açúcar do Estado de Pernambuco, nas quais são típicas as condições de utilização de cangalha e zorras. Em cada usina tomou-se sete conjuntos (equipamento + animal + operador) diferentes e para cada conjunto foram registrados dados de 4 ciclos (e repetições) relativas a  $D_c$ ,  $D_v$ ,  $Q_c$ ,  $Q_d$ ,  $V_c$ ,  $V_v$  e  $C$ .

A análise dos dados obtidos levou à conclusão de que os 3 sistemas apresentam FT potencialmente semelhantes, variando de 0,04 a 0,54 t.km/h. O nível de FT depende, basicamente, dos valores assumidos pelas variáveis englobadas na equação do fluxo de transporte.

## SUMMARY

In the hilly lands of the Northeast Brazil, comprising the south of Pernambuco State and the north of Alagoas State regions the transport in field has been done by animals through

(\*) Engenheiros Agrônomos da Seção de Operações Agrícolas da Coordenadoria - Regional Norte do PLANALSUCAR/IAA, Recife - PE.

(\*\*) Professor Assistente Dr. do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ USP, Piracicaba - SP - Consultor de Mecanização Agrícola do PLANALSUCAR IAA.



cangalhas\* and zorras\*\*.

The first studies aiming the mechanization in those areas was necessary to gather information on flux of transport - FT of traditional methods in order to allow comparisons and studies of options for increasing its efficiency.

Through analyses of the events which characterize the operational cycles of "cangalha" and "zorra" was elaborated a equation expressing FT in function of:

- Dc - length of route with loaded equipment, in m
- Dv - length of route with unloaded equipment, in m
- Qc - flux of loading in kg/s
- Qd - flux of unloading, in gk/s
- Vc - displacing speed, loaded, in m/s
- Vv - displacing speed, unloaded, in m/s
- C - transported load, in kg.

Six sugar mills which have typical conditions for using "cangalhas" and "zorras" were selected. In each mill was considered seven different sets (equipment + animal + operator). For each set was recorded data of 4 cycles (replications) related to Dc, Dv, Qc, Vc, Vv and C.

The three methods shown a FT potentially alike, varying from 0,04 to 0,54 t.km/h according the level of TF, which depends on the value taken in account.

## INTRODUÇÃO

O transporte de cana-de-açúcar nas áreas declivosas do Nordeste brasileiro, principalmente ao Sul do Estado de Pernambuco e Norte do Estado de Alagoas, tem sido feito por animais domésticos, através de cangalhas e zorras. Com o advento do sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose, surgiu a necessidade de se reduzir os tempos para entrega da matéria prima e os custos desses sistemas tradicionais de transporte intermediário.

Trabalhos técnicos sobre uso de animais no transporte de cana-de-açúcar são raros: PANOL e ESCOBER (1969) descrevem sistemas de transporte com tração animal, nas Filipinas. Todavia, o transporte mecanizado em topografia declivosa tem sido relatado por vários autores: BARTLETT (1963), SUGARTECH (1970) etc., no tocante de trabalhos realizados na África do Sul.

No Brasil, os primeiros estudos visando a mecanização do transporte de cana-de-açúcar em regiões declivosas foram realizados pelo PLANALSUCAR/IAA (em 1976) com tentativas de aplicação de tratores florestais tipo "forwarder", de guinchos com cabo de aço. Paralelamente, estão sendo realizados estudos de equipamentos de tração animal designado, regionalmente, por "catraca." Nesses estudos iniciais, verificou-se a necessidade de se obter informações sobre o fluxo de transporte apresentado pelos sistemas tradicionais (cangalhas e zorras) a fim de permitir comparações e, inclusive, propôr formas alternativas de manejo dos mesmos, visando aumentar-lhes a eficiência. Com esse objetivo, realizou-se o presente trabalho.

---

(\*) A saddle designed to support the load carried by a pack animal with two pairs of cambito (a wooden single hook used in packsaddle to carry sugar cane.

(\*\*) an iron frame with a single shaft provided of a tip plataform - Northeast cane cart.



## MATERIAL E MÉTODO

A cangalha é um equipamento para transporte de carga no dorso de muares, constituída por 4 forquilhas de madeira, em forma de V, acopladas num arreamento próprio, 2 de cada lado do animal (Foto 1). A zorra é um veículo de transporte, geralmente tracionada por duas juntas de bois, distinguindo-se dois tipos: de rodas e de arrasto. A zorra de rodas é constituída por um chassi de ferro, basculante na parte posterior, montada sobre um par de rodas acopladas rigidamente em cada extremidade de um eixo inteiriço (Foto 2). A zorra de arrasto ao invés de rodas, é montada sobre "skys" constituídos de duas lâminas de ferro horizontais, com as extremidades recurvadas. Na zorra de rodas, a descarga é feita por bāscula traseira do chassi; na zorra de arrasto o descarregamento exige manuseio dos feixes.



FOTO 1

FOTO 2



FOTO 3



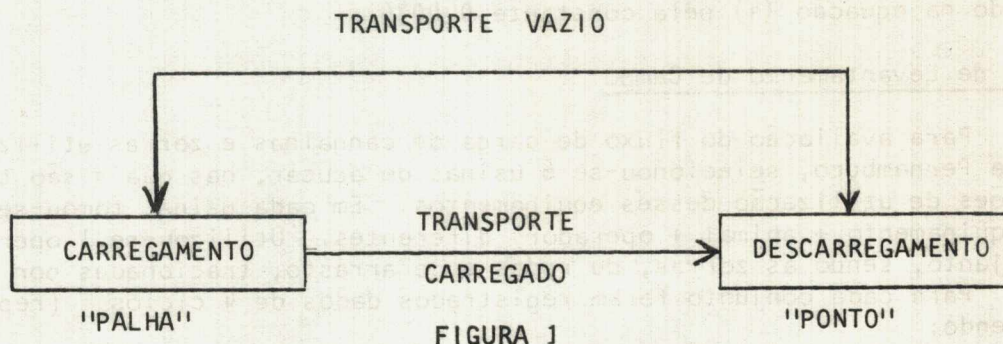
A zorra de arrasto é utilizada também nos terrenos planos de baixadas, onde a pouca resistência do solo ao recalque não permite o emprego da zorra de rodas. Nos terrenos acidentados, o "sky" da zorra de arrasto exerce um efeito frenante, facilitando o percurso de transporte carregado em declive. Na zorra de rodas, o efeito frenante é obtido por uma sapata de ferro colocada à frente de uma das rodas, entre a banda de rodagem e o solo.

O ciclo operacional é constituído da seguinte sequência de operações:

- carregamento na "palha", feito no interior do talhão, onde os colmos se acham enfeixados e amontoados de espaço em espaço.
- transporte carregado, desde o local de carregamento (onde os feixes estão amontoados) até o local de descarregamento.
- descarregamento no "ponto", feito na margem do carreador em local ("ponto") que permite o acesso de caminhões, encarregados do transporte final até o pátio da usina.
- transporte vazio, de volta do "ponto" ao local de carregamento no interior do talhao.

### Análise Teórica do Ciclo

Conforme relatado, o ciclo ocorre de acordo com o diagrama da Figura 1.



O carregamento na "palha" implica no manuseio de uma carga - C (kg) representada por um certo número de feixes - N, do amontoado para o equipamento de transporte (cangalha ou zorra), consumindo um tempo de manuseio -  $T_{mc}$  (s). Da mesma maneira, o descarregamento no "ponto" abrange o manuseio da carga C, do equipamento para o solo, num tempo de manuseio -  $T_{md}$  (s). O transporte carregado é feito numa distância -  $D_c$  (m), consumindo um tempo de deslocamento -  $T_{dc}$  (s); o transporte vazio ocorre numa distância -  $D_v$  (m), num tempo de deslocamento -  $T_{dv}$  (s).

Associando-se tempos, distâncias e carga, chega-se às seguintes relações

- fluxo de carregamento:  $Q_c = C/T_{mc}$ , em kg/s
- fluxo de descarregamento:  $Q_d = C/T_{md}$ , em kg/s
- velocidade de transporte carregado:  $V_c = D_c/T_{dc}$ , em m/s
- velocidade de transporte vazio:  $V_v = D_v/T_{dv}$ , em m/s.

O fluxo de transporte - FT, parâmetro quantificador da capacidade do sistema e englobando tempo, distância e carga, é expresso por:

$$FT = C \frac{D_c + D_v}{T_m + T_d} \quad (1)$$

onde:



$T_m$  = tempo de manuseio da carga ( $T_{mc} + T_{md}$ )

$T_d$  = tempo de deslocamento ( $T_{dc} + T_{dv}$ )

Mas,  $T_{mc} = C/Q_c$  e  $T_{md} = C/Q_d$ , logo:

$$T_m = \left( \frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_d} \right) \quad (2)$$

Por outro lado,  $T_{dc} = D_c/V_c$  e  $T_{dv} = D_v/V_v$ , portanto:

$$T_d = \frac{D_c}{V_c} + \frac{D_v}{V_v} \quad (3)$$

Substituindo-se (2) e (3) em (1), obtêm-se:

$$FT = \frac{D_c + D_v}{\frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_d} + \frac{D_c/V_c + D_v/V_v}{C}} \quad (4)$$

Para expressar-se FT em termos de t.km/h, basta multiplicar o valor em contrado na equação (4) pela constante 0,0036.

#### Método de Levantamento de Campo

Para avaliação do fluxo de carga de cangalhas e zorras utilizadas no Estado de Pernambuco, selecionou-se 6 usinas de açúcar, nas quais são típicas as condições de utilização desses equipamentos. Em cada usina, tomou-se 7 conjuntos (equipamento + animal + operador) diferentes. Utilizou-se 1 operador em cada conjunto, sendo as zorras, de rodas e de arrasto, tracionadas por 2 juntas (4 bois). Para cada conjunto foram registrados dados de 4 ciclos (repetições), abrangendo:

- tempos consumidos em cada fase do ciclo (carregamento, transporte carregado, descarregamento e transporte vazio)
- distâncias percorridas (de ida carregada e volta vazia) em cada ciclo
- carga transportada (peso total da carga e número de feixes) em cada ciclo.

#### Método de Análise dos Dados

A análise dos dados incluiu o processamento das informações de campo, para obtenção das relações  $D_v/D_c$ ,  $V_v/V_c$  e  $Q_d/Q_c$ ; cálculo da frequência de ocorrência de FT e da distância total percorrida em cada ciclo. Para as relações  $D/D_c$ ;  $V_v/V_c$  e  $Q_d/Q_c$ , foram calculados os valores médios e os limites do intervalo de confiança, para cada equipamento e local (usina)

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios de cangalha, zorra de arrasto e zorra de rodas, constam dos Quadros 1, 2 e 3, respectivamente.



QUADRO 1. Resultados médios ( 4 ciclos ) obtidos no transporte com cangalha.

Local e Condições do Ensaio	Declividade Média do Terreno	Conjunto de Transporte	Carga Transportada (C)		Distâncias Percorridas (m)		Tempos Consumidos (s)					Fluxo de transporte - FT - (t.km/h)	
			kg	Feixes	D <sub>c</sub>	D <sub>v</sub>	Total	T <sub>mc</sub>	T <sub>md</sub>	T <sub>dc</sub>	T <sub>dv</sub>		Total
Usina Aliança - PE (CB 45-3, 2º corte, cana na queimada)	30 %	01	317,5	26,7	75,2	47,2	122,5	310,5	154,7	94,5	44,5	604,2	0,232
		02	348,2	29,0	125,0	95,2	220,2	264,7	151,0	161,0	83,0	659,7	0,419
		03	378,5	32,0	148,2	104,7	253,0	282,7	135,5	180,7	79,7	678,7	0,508
		04	343,7	32,5	185,7	149,2	335,0	267,7	159,2	186,2	130,7	744,0	0,557
		05	321,2	30,7	183,2	144,0	327,2	280,0	159,0	242,5	96,5	778,0	0,486
		06	390,0	39,5	140,5	121,7	262,2	318,0	169,2	154,5	87,0	728,7	0,505
		07	373,2	31,7	118,7	116,2	235,0	258,0	179,5	109,5	82,5	629,5	0,502
Usina Cucaú PE (Co 331, 3º corte, cana queimada)	36 %	01	287,2	30,2	258,7	227,5	486,2	400,2	166,7	474,0	222,5	1.263,5	0,398
		02	322,6	32,0	109,7	103,7	213,5	256,5	171,5	167,0	99,7	694,7	0,357
		03	321,1	32,0	239,0	147,5	386,5	372,2	150,0	339,5	188,5	1.050,2	0,425
		04	303,2	27,7	131,5	90,5	222,0	389,2	179,0	155,2	104,2	827,7	0,293
		05	267,2	26,0	26,7	95,7	122,5	297,0	126,0	137,0	28,7	588,7	0,200
		06	268,9	27,2	19,5	47,5	67,0	282,0	114,2	63,7	19,5	479,5	0,135
		07	226,5	23,7	24,0	50,0	74,0	272,7	153,2	55,0	22,7	503,7	0,120
Usina Trapiçhe - PE (CP 51-22, 3º corte, cana na queimada)	44 %	01	258,7	27,2	30,2	25,5	55,7	230,5	94,2	53,0	50,7	428,5	0,121
		02	251,5	26,5	48,0	58,0	106,0	487,7	191,7	111,5	62,5	853,5	0,112
		03	280,5	29,2	88,5	91,2	179,7	318,0	158,5	106,0	115,7	698,2	0,260
		04	255,0	29,5	38,2	32,7	71,0	241,5	136,5	72,5	59,7	510,2	0,128
		05	348,5	37,2	38,2	33,0	71,2	279,7	151,0	64,7	55,0	550,5	0,162
		06	273,2	28,7	61,5	69,5	131,0	400,5	277,0	95,0	66,0	838,5	0,154
		07	253,5	25,7	42,0	39,2	81,2	167,0	83,2	56,0	52,2	358,5	0,207
Usina Pedrosa - PE (CB 45-3, 2º corte, cana queimada)	46 %	01	247,7	24,0	254,2	190,7	445,0	680,0	179,0	417,2	288,5	1.564,7	0,254
		02	317,2	32,7	351,2	280,7	632,0	335,5	162,0	461,7	361,2	1.320,5	0,547
		03	329,0	38,2	249,2	249,7	499,0	543,7	171,0	343,2	270,2	1.328,2	0,445
		04	252,5	26,5	217,0	216,2	433,2	405,2	125,0	300,0	217,0	1.047,2	0,376
		05	220,0	22,7	261,5	250,5	512,0	528,2	181,0	315,0	330,5	1.354,7	0,299
		06	266,0	27,5	333,2	288,2	621,5	500,2	119,2	360,0	237,5	1.217,0	0,489
		07	236,2	28,7	128,0	121,2	249,2	355,5	155,5	156,0	174,2	841,2	0,252



QUADRO 2. Resultados médios ( 4 ciclos) obtidos no transporte com zorra de arrasto.

Local e Condições de Ensaio	Declividade Média do Terreno	Conjunto de Transporte	Carga Transportada (C)		Distâncias Percorridas (m)			Tempos Consumidos (s)					Fluxo de Transporte - FT (t.km/h)
			kg	Feixes	D <sub>c</sub>	D <sub>v</sub>	Total	T <sub>mc</sub>	T <sub>md</sub>	T <sub>dc</sub>	T <sub>dv</sub>	Total	
Usina União Indústria-PE (CB 45-3, 3º corte, cana queimada)	22 %	01	775,4	86,5	51,0	39,0	90,0	416,0	368,5	121,0	109,7	1.015,2	0,252
		02	779,7	79,7	65,0	62,0	127,0	449,5	342,0	156,0	155,7	1.103,2	0,322
		03	888,2	95,0	72,0	32,0	104,0	564,5	453,5	171,5	85,7	710,7	0,252
		04	727,7	70,2	61,0	64,0	125,0	440,2	357,0	122,7	144,2	1.064,1	0,310
		05	981,5	96,2	43,2	44,5	87,7	460,7	368,7	130,5	146,7	1.106,6	0,275
		06	871,5	88,5	52,2	41,5	93,7	451,7	354,7	197,0	140,2	1.143,6	0,257
		07	1.031,1	103,7	62,7	56,5	119,2	604,5	408,5	162,0	171,0	1.346,0	0,352
Usina Cucaú PE (CB 45-3, 1º corte, cana queimada).	25 %	01	1.127,7	93,0	88,2	92,0	180,2	794,7	506,2	226,2	230,5	1.757,6	0,417
		02	1.069,5	95,5	72,0	46,5	118,5	736,5	508,7	159,7	112,7	1.517,6	0,237
		03	1.282,0	112,0	76,0	73,7	149,7	874,2	572,5	170,7	119,7	2.611,3	0,395
		04	1.349,5	116,5	95,5	105,2	200,7	719,7	422,7	214,2	202,7	1.559,3	0,630
		05	1.029,7	93,2	123,2	135,2	258,4	722,0	388,5	246,7	267,5	1.624,7	0,590
		06	1.085,5	99,7	77,2	70,7	147,9	668,5	426,5	144,5	281,7	1.521,2	0,397
		07	1.172,2	114,7	44,7	55,2	99,9	782,7	529,7	108,5	118,2	1.539,1	0,272



QUADRO 3. Resultados médios ( 4 ciclos ) obtidos no transporte com zorra de rodas.

Local e Condições de Ensaio	Declividade Média do Terreno	Conjunto de Transporte	Carga Transportada (C)		Distâncias Percorridas (m)			Tempos Consumidos (s)					Fluxo de Transporte - FT (t.km/h)
			kg	Feixes	D <sub>c</sub>	D <sub>v</sub>	Total	T <sub>mc</sub>	T <sub>md</sub>	T <sub>dc</sub>	T <sub>dv</sub>	Total	
Usina Trapiche PE (Co 331, 8º corte, cana queimada)	23 %	01	1.025,8	102,8	34,0	37,3	71,3	727,5	82,0	120,7	78,8	1.009,0	0,260
		02	936,0	102,5	61,8	56,8	118,5	706,5	90,0	172,3	88,3	1.057,1	0,375
		03	1.042,3	108,3	81,3	59,5	140,8	777,5	183,0	257,5	219,3	1.437,3	0,368
		04	973,0	104,8	19,3	30,3	49,6	539,8	70,8	95,0	85,0	790,6	0,220
		05	863,8	93,5	128,0	69,3	197,3	542,3	127,8	165,5	102,5	938,1	0,638
		06	987,8	97,3	91,8	60,3	152,1	659,0	114,3	223,8	96,0	1.093,1	0,483
		07	980,8	102,5	47,5	46,8	94,3	650,5	82,8	146,3	83,0	967,6	0,358
Usina Tiúma PE (Co 331, 4º corte, cana queimada).	24 %	01	1.106,1	161,8	129,0	84,8	213,8	972,8	166,5	266,3	165,5	1.571,1	0,540
		02	983,1	112,5	79,5	95,5	175,0	664,3	114,0	180,0	147,5	1.105,8	0,558
		03	1.077,4	143,0	57,0	133,8	190,8	919,3	93,0	149,8	285,8	1.447,9	0,513
		04	809,6	89,3	58,0	82,5	140,5	584,5	128,8	150,0	190,0	1.053,3	0,403
		05	734,8	79,8	47,0	66,8	113,8	437,0	101,3	139,8	138,0	816,1	0,370
		06	911,0	100,0	54,0	64,3	118,3	674,8	130,8	192,3	196,0	1.193,9	0,325
		07	1.008,9	113,3	74,0	57,3	131,3	466,8	96,8	142,8	103,0	809,4	0,593



## Fluxo de Transporte Observado - FT

Os dados de fluxo de transporte foram agrupados em intervalos de classe, calculando-se as respectivas frequências de ocorrência, conforme mostra o Quadro 4.

QUADRO 4 - Frequência Absoluta e Relativa (%) dos Fluxos de Transporte observados para Cangalha e Zorra considerando-se todos os Dados em Conjunto

INTERVALO DE CLASSE (t . km/h)	Frequência Observada (Absoluta e Relativa)							
	Cangalha		Zorra de Rodas		Zorra de Arrasto			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
0,04 ——— 0,12	20	17,9	1	1,8	1	1,8		
0,12 ——— 0,21	16	14,3	3	5,4	3	5,4		
0,21 ——— 0,29	19	17,0	8	14,3	18	32,0		
0,29 ——— 0,38	14	12,5	12	21,4	16	28,6		
0,38 ——— 0,46	14	12,5	10	17,9	7	12,5		
0,46 ——— 0,54	18	16,0	9	16,0	3	5,4		
0,54 ——— 0,63	9	8,0	4	7,1	5	8,9		
0,63 ——— 0,71	2	1,8	4	7,1	2	3,6		
0,71 ——— 0,80	-	-	3	5,4	1	1,8		
0,80 ——— 0,88	-	-	2	3,6	-	-		
<b>TOTAL</b>	<b>112</b>	<b>100,0</b>	<b>56</b>	<b>100,0</b>	<b>56</b>	<b>100,0</b>		

Como se observa, as maiores frequências observadas para o fluxo de transporte foram:

- Cangalha ..... 55 ciclos (49,1%) : FT = 0,04 a 0,29 t.km/h  
46 ciclos (41,0%) : FT = 0,29 a 0,54 t.km/h
- Zorra de Rodas .... 39 ciclos (69,6%) : FT = 0,21 a 0,54 t.km/h
- Zorra de Arrasto .. 41 ciclos (73,2%) : FT = 0,21 a 0,46 t.km/h

Observa-se, portanto, que a zorra de rodas e a zorra de arrasto, em termos de FT, apresentam comportamentos semelhantes. Para cangalha, o valor de  $\bar{F}_T$  distribui-se ao nível daqueles apresentados pelas zorras e abaixo dele. Logo, a análise global dos dados de FT leva a se concluir que os 3 sistemas apresentaram capacidades de transporte semelhantes. Para se detectar diferenças entre eles, há necessidade de se entrar no mérito dos fatores que determinam o valor de FT conforme mostrado na equação 4.

### Distâncias Percorridas - $D_c$ , $D_v$

Os valores médios, observados para a relação  $D_v/D_c$ , são mostrados no Quadro 5.

Para cangalha, o menor valor médio observado para a relação  $D_v/D_c$  foi verificado na Usina Aliança, seguida da Usina Pedrosa. Os maiores valores dessa relação foram constatados na Usina Trapiche. Para zorras, a maior amplitude do intervalo de confiança não permite considerar, com segurança, comportamentos claramente diferenciados. Nas condições do presente trabalho, os limites de variação de  $D_v/D_c$  indicam que:



QUADRO 5 - Valores Médios Observados para a Relação  $D_v/D_c$ , Erro Padrão, Limites do Intervalo de Confiança e Coeficiente de Variação

Sistema de Transporte	Usina	Declividade	Valor Médio $D_v/D_c$	Limites de Confiança		Erro da Média	Coeficiente de Variação.
				$L_i$	$L_s$		
Cangalha	Aliança	30%	0,7905	0,7375	0,8435	0,0265	18,20%
	Cucaú	36%	0,9464	0,8504	1,0424	0,0480	26,56%
	Trapiche	44%	1,0595	0,8909	1,2281	0,0843	42,14%
	Pedrosa	46%	0,9126	0,8596	0,9656	0,0265	15,57%
Zorra de Rodas	Trapiche	23%	1,0714	0,7332	1,4096	0,1691	83,49%
	Tiúma	24%	1,7306	0,6054	2,8558	0,5626	172,02%
Zorra de Arrasto	União Indústria	22%	0,9128	0,7912	1,0344	0,0608	35,33%
	Cucaú	25%	1,0588	0,9568	1,1608	0,0510	25,59%

- para cangalha .....  $D_v = (0,74 \text{ a } 1,23) D_c$
- para zorra de rodas .....  $D_v = (0,61 \text{ a } 2,86) D_c$
- para zorra de arrasto .....  $D_v = (0,79 \text{ a } 1,16) D_c$

Os dados de distância total percorrida ( $D_c + D_v$ ) foram agrupados em intervalos de classe, calculando-se as respectivas frequências de ocorrência, conforme mostra o Quadro 6.



QUADRO 6 - Frequência Absoluta e Relativa (%) das Distâncias Totais Percorridas ( $D_c + D_v$ ) nos Ciclos de Cangalha e Zorras, considerando-se todos os Dados em Conjunto

INTERVALO DE CLASSE (m)	Frequência Observada (Absoluta e Relativa)					
	Cangalha		Zorra de Rodas		Zorra de Arrasto	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
23,0 ——— 92,5	26	23,3	15	26,8	12	21,4
92,5 ——— 162,0	18	16,0	26	46,4	30	53,6
162,0 ——— 231,5	10	8,9	10	17,9	8	14,3
231,5 ——— 301,0	19	17,0	4	7,1	6	10,7
301,0 ——— 370,5	12	10,7	1	1,8	-	-
370,5 ——— 440,0	3	2,7	-	-	-	-
440,0 ——— 509,0	7	6,3	-	-	-	-
509,0 ——— 579,0	10	8,9	-	-	-	-
579,0 ——— 648,5	1	0,9	-	-	-	-
648,5 ——— 718,0	6	5,4	-	-	-	-
TOTAL	112	100,0	56	100,0	56	100,0

Como se observa, as maiores frequências observadas para o fluxo de transporte foram:

- cangalha ..... 44 ciclos (39,3%):  $D_{total} = 23$  a  $162$  m  
41 ciclos (36,6%):  $D_{total} = 162$  a  $370$  m
- zorra de rodas ..... 41 ciclos (73,2%):  $D_{total} = 23$  a  $162$  m  
42 ciclos (75,0%):  $D_{total} = 23$  a  $162$  m

Portanto, enquanto as distâncias totais percorridas pelas zorras se concentram na faixa de 23 a 162m, o transporte em cangalha, além de cobrir essa faixa, se estende para as classes de 162 a 370m. Essas diferenças de comportamento observadas no campo, mostram a necessidade de uma análise das velocidades de deslocamentos.

#### Velocidades de Deslocamento - $V_c$ , $V_v$

Através dos dados de distâncias percorridas ( $D_c$ ,  $D_v$ ) e tempos de deslocamentos ( $T_{dc}$ ,  $T_{dv}$ ), foram obtidos os valores de  $V_c$  e  $V_v$ . Para cada sistema de transporte e em cada usina, calculou-se a média  $\bar{m}$ , o erro padrão da média  $s(\bar{m})$ , os limites inferior e superior ( $L_i$ ,  $L_s$ ) do intervalo de confiança e o coeficiente da variação (CV), da relação  $V_v/V_c$ , cujos dados são apresentados no Quadro 7.

Para cangalha, o maior valor médio observado para a relação  $V_v/V_c$  foi verificado na Usina Cucaú e o menor, na Usina Pedrosa. Para zorra de rodas, os valores limites do intervalo de confiança das médias não permitem considerar comportamento diferenciado entre as Usinas Trapiche e Tiúma. Idêntica consideração pode ser feita para a zorra de arrasto, nas Usinas União Indústria e Cucaú.

Nas condições do presente trabalho, os limites de variação de  $V_v/V_c$  indicam que:

- para cangalha .....  $V_v = (1,01$  a  $1,68) V_c$
- para zorra de rodas .....  $V_v = (1,08$  a  $1,81) V_c$
- para zorra de arrasto .....  $V_v = (0,88$  a  $1,29) V_c$



QUADRO 7 - Valores Médios Observados para a Relação  $V/V_c$ , Erro Padrão, Limites do Intervalo de Confiança e Coeficiente de Variação

Sistemas de Transporte	Usina	Declividade	Valor Médio de $V/V_c$	Limites de Confiança		Erro da Média	Coeficiente de Variação
				$L_i$	$L_s$		
Cangalha	Aliança	30%	1,4935	1,3758	1,6112	0,0574	20,42 %
	Cucaú	36%	1,5300	1,3738	1,6862	0,0762	26,44 %
	Trapiche	44%	1,2839	1,0602	1,5076	0,1091	44,93 %
	Pedrosa	46%	1,1,1514	1,0108	1,2920	0,0686	31,52 %
Zorra de Rodas	Trapiche	23%	1,4805	1,1507	1,8103	0,1609	57,53 %
	Tiúma	24%	1,2794	1,0838	1,4750	0,0954	39,41 %
Zorra de Arrasto	União Indústria	22%	0,9794	0,8789	1,0799	0,0495	26,70 %
	Cucaú	25%	1,1434	0,9927	1,2941	0,0735	34,00 %

Em nenhum caso, a velocidade de deslocamento vazio chegou a ser o dobro da velocidade de deslocamento carregado; ao contrário, no caso da zorra de arrasto, a velocidade vazio pode chegar a ser inferior à velocidade carregada.

#### Fluxo de Manuseio - $Q_c, Q_d$

Através dos dados de carga (C) em kg e tempos de manuseio para carregamento ( $T_{mc}$ ) e descarregamento ( $T_{md}$ ) foram calculados os fluxos de manuseio  $Q_c$  e  $Q_d$ . Para cada sistema de transporte e em cada usina, calculou-se a média  $\bar{m}$  o erro padrão da média -  $s(\bar{m})$ , os limites inferior e superior ( $L_i, L_s$ ) do intervalo de confiança e o coeficiente de variação (CV), da relação  $Q_d/Q_c$ , cujos dados são apresentados no Quadro 8.

Para cangalha, o maior valor médio observado para a relação  $Q_d/Q_c$  foi verificado na Usina Pedrosa, e o menor, na Usina Aliança. Igualmente, no caso das zorras, através dos limites dos intervalos de confiança, observa-se que houve um comportamento diferenciado em cada usina, para a relação  $Q_d/Q_c$ . Quanto maior o valor dessa relação, tanto mais moroso será o carregamento em relação ao descarregamento do equipamento de transporte e vice-versa.

Nas condições do presente trabalho, os limites de variação de  $Q_d/Q_c$  indicam que:

- para cangalha .....  $Q_d = (1,67 \text{ a } 3,47)Q_c$
- para zorra de rodas .....  $Q_d = (4,90 \text{ a } 11,14)Q_c$
- para zorra de arrasto .....  $Q_d = (1,19 \text{ a } 1,73)Q_c$



QUADRO 8 - Valores Médios Observados para a Relação  $Q_d/Q_c$ , Erro Padrão, Limites do Intervalo de Confiança e Coeficiente de Variação

Sistemas de Transporte	Usina	Declividade	Valor Médio $Q_d/Q_c$	Limites de Confiança		Erro da Média	Coeficiente de Variação
				$L_i$	$L_s$		
Cangalha	Aliança	30%	1,8097	1,6662	1,9532	0,0700	20,46 %
	Cucaú	36%	2,2025	2,0080	2,3970	0,0949	22,80 %
	Trapiche	44%	2,0547	1,8407	2,2687	0,1044	26,92 %
	Pedrosa	46%	3,0866	2,7076	3,4656	0,1849	31,70 %
Zorra de Rodas	Trapiche	23%	8,7768	6,4119	11,1417	1,1536	69,55%
	Tiúma	24%	5,9318	4,9004	6,9632	0,5031	44,88 %
Zorra de Arrasto	União Indústria	22%	1,2375	1,1873	1,2877	0,0245	10,66 %
	Cucaú	25%	1,6126	1,4949	1,7303	0,0574	18,84 %

Verifica-se que, dos 3 equipamentos, a zorra de rodas é o que apresenta o mais rápido descarregamento em relação à intensidade do fluxo de carregamento. Tal fato se explica pelo sistema de descarga ser feito através do basculamento do chassi. A zorra de arrasto parece ser o equipamento cuja descarga é mais lenta, ficando a cangalha numa situação intermediária, porém relativamente distante da zorra de rodas.

#### CONCLUSÕES

1. A cangalha, ao apresentar uma ampla faixa de distribuição de frequência observada (Quadro 4) para FT, sugere que sua capacidade de transporte é afetada sensivelmente pelas condições de manejo. Na zorra de rodas e de arrasto, a frequência observada (Quadro 4) de FT concentra-se numa faixa menor de intervalos de classe, denotando que as condições de manejo são mais uniformes.

2. A cangalha parece ser aplicada com maior frequência sob condições de distância total, bem mais amplas (de 23 a 370m) do que as zorras (23 a 162m) fato que parece explicar, em parte, a conclusão anterior.

3. A distância percorrida com equipamento vazio, em nenhum caso superou a 2 vezes a distância percorrida com equipamento carregado. Igualmente, a velocidade de deslocamento com equipamento vazio, chegou a ser o dobro da velocidade carregada. Essa situação denota estar havendo uma certa morosidade na volta do equipamento, ponto que poderia ser objeto de futuros desenvolvimentos, visando aumentar a eficiência desses equipamentos.

4. A zorra de rodas, devido ao seu sistema de descarregamento por bascu



la traseira do chassi, foi o equipamento que melhor se comportou em termos da relação  $Q_d/Q_c$ . A zorra de arrasto revelou os mais baixos valores para essa relação, ficando a cangalha numa situação intermediária. Esse fato sugere estudos, no sentido de se desenvolver câmbitos com dispositivos que possibilitem descarga sem necessidade de manuseio dos feixes e, no caso da zorra de arrasto, a possibilidade do basculamento da carga.

#### LITERATURA CITADA

BARTLETT, G.S. The development of self-loading cane trailers transshipment cranes and gantries. *Proc. ISSCT*, 11(3): 380-95 1963.

PANOL, F.Y. & ESCOBER, T.R. *Harvesting, loading and transport system of sugarcane in the Philippines*. Proc. of. ISSCT, 13 Taipei, Taiwan. p. 1487-94 1969.

PLANALSUCAR/IAA Relatório anual. *Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar*. Superintendência Geral. Piracicaba-SP. 1976.

SUGARTECH, "Jacoby!" loads side or near *Exp. Station South African Sugar Association*. Sugartech, iss. 21 1970.