



A PALAVRA É SUA

DETERMINAÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE DO CORPO HUMANO ATRAVÉS DO MÉTODO SEGMENTAR: UM PROGRAMA PARA COMPUTADORES PESSOAIS

Nelio Alfano Moura

Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física
de São Caetano do Sul.
Fundação BRADESCO

A determinação do centro de gravidade do corpo humano (CG) numa dada posição, assim como da trajetória do CG durante a execução de uma habilidade específica, tem grande importância na prática do treinamento desportivo.

Vários métodos têm sido propostos para atender a esse objetivo, sendo que Johnson descreveu uma técnica baseada no trabalho clássico de Dempster (1). Tal técnica é utilizada para determinar a localização do CG em determinadas posições desenhadas em um papel, a partir do mecanismo de congelamento de cena de um vídeo cassete.

Embora os procedimentos sejam relativamente simples, o tempo exigido para os cálculos acabam por limitar sua aplicação prática, principalmente quando o próprio técnico necessita realizar as análises, como normalmente ocorre no Brasil, sendo obrigado a dedicar seu tempo livre para esse tipo de trabalho.

Considerando isso, e também o fato observado mundialmente do crescente uso de microcomputadores pessoais em todas as áreas de atuação humana, foi nosso objetivo desenvolver um programa que agilizasse a utilização da técnica proposta por Johnson para determinação da localização ou trajetória do CG do corpo humano.

MATERIAL E MÉTODOS

O programa foi desenvolvido na linguagem BASIC, e roda em qualquer computador da linha Apple II +®, com 48 Kbytes de memória. O programa pode ser armazenado tanto em discos flexíveis como em fitas cassete, uma vez que permite acesso seqüencial.

ESTRUTURA DO PROGRAMA

Linhas	Função
5 - 50:	Apresentação do programa
55 - 115:	Inicialização
120 - 155:	Calcula e mostra peso dos segmentos corporais.
160 - 185:	Calcula e mostra distâncias proximais dos centros de gravidade dos segmentos.
190 - 230:	Calcula e mostra distâncias proximais dos centros de gravidade dos segmentos no desenho (escala)
235 - 300:	Instruções
305 - 350:	Determinação da localização do CG do membro superior direito
355 - 395:	Determinação da localização do CG do membro superior esquerdo
400 - 510:	Determinação da localização do CG dos membros superiores.



- 520 - 575: Determinação da localização do CG do membro inferior direito.
 580 - 630: Determinação da localização do CG do membro inferior esquerdo.
 635 - 710: Determinação da localização do CG dos membros inferiores.
 715 - 800: Determinação da localização do CG do corpo inteiro

VARIÁVEIS DO PROGRAMA

- PT: Peso Total
 CB: Comprimento do braço
 CA: Comprimento do antebraço
 CM: Comprimento da mão
 CC: Comprimento da coxa
 CP: Comprimento da perna
 CF: Comprimento do pé
 CH: Comprimento cabeça-tronco
 PB: Peso do braço
 PA: Peso do antebraço
 PM: Peso da mão
 PC: Peso da coxa
 PP: Peso da perna
 PF: Peso do pé
 PH: Peso cabeça-tronco
 DB: Distância proximal CG braço
 DA: Distância proximal CG antebraço
 DM: Distância proximal CG mão
 DC: Distância proximal CG coxa
 DP: Distância proximal CG perna
 DF: Distância proximal CG pé
 DH: Distância proximal CG cabeça-tronco
 E: Escala
 EB: Distância proximal CG braço na escala
 EA: Distância proximal CG antebraço na escala
 EM: Distância proximal CG mão na escala
 EC: Distância proximal CG coxa na escala
 EP: Distância proximal CG perna na escala
 EF: Distância proximal CG pé na escala
 EH: Distância proximal CG cabeça-tronco na escala
 RB: Raio braço-antebraço direito
 GB: Distância proximal CG segmento braço-antebraço direito
 RM: Raio CG segmento braço + antebraço - mão direita
 G1: Distância proximal CG membro superior direito
 R1: Raio braço-antebraço esquerdo
 X: Distância proximal CG segmento braço-antebraço esquerdo
 R2: Raio CG segmento braço + antebraço - mão esquerda
 G2: Distância proximal CG membro superior esquerdo

- R3: Raio CG membro superior direito-CG membro superior esquerdo
 G5: Distância proximal CG membros superiores
 MB: Massa dos membros superiores
 RC: Raio CG coxa-perna direita
 GC: Distância proximal CG segmento coxa-perna direita
 RP: Raio CG segmento coxa + perna-pé direito
 G3: Distância proximal CG membro superior direito
 R4: Raio CG coxa-perna esquerda
 Y: Distância proximal CG segmento coxa-perna esquerda
 R5: Raio CG segmento coxa + perna-pé esquerdo
 G4: Distância proximal CG membro inferior esquerdo
 R6: Raio CG membro inferior esquerdo-CG membro inferior direito
 GI: Distância proximal CG membros inferiores
 MP: Massa membros inferiores
 R7: Raio CG membros inferiores-CG cabeça-tronco
 G5: Distância proximal CG membros inferior-cabeça-tronco
 R8: Raio CG membros inferiores, cabeça, tronco-CG membros superiores.
 CG: Distância proximal CG do corpo inteiro

LISTAGEM DO PROGRAMA

```

1  PR# 0
3  REM LINHAS 5 A 50 : APRESENTA
   CAO
5  HOME
10 FOR I = 1 TO 40: PRINT CHR#
   (255);: NEXT
15 PRINT
20 HTAB 10: PRINT "CENTRO DE GRA
   VIDADE"
25 PRINT
30 FOR I = 1 TO 40: PRINT CHR#
   (255);: NEXT
35 PRINT : PRINT
40 PRINT "PROGRAMA AUXILIAR PARA
   DETERMINACAO DO": PRINT
45 PRINT "CENTRO DE GRAVIDADE DO
   CORPO HUMANO, A-": PRINT :
   PRINT "TRAUES DA UTILIZACAO
   DO METODO SEGMENTAR": PRINT
   : PRINT "PROPOSTO POR DENPST
   ER, 1955, NUM QUADRO": PRINT
   : PRINT "DE REFERENCIA BI-DI
   MENSIONAL"
50 UTAB 23: PRINT "Helio Alfano
   Moura, Julho/1987  ": GET
   CR$: HOME
53 INVERSE : PRINT "      CE
   NTRO DE GRAVIDADE
   ": NORMAL : PRINT
54 REM ROTINA DE INICIALIZACAO:
   LINHAS 55 A 115
55 INVERSE : PRINT "DADOS DE ENT
   RADA": NORMAL : PRINT
57 PRINT "PESO EM ": INVERSE : PRINT
   "KGS": NORMAL : PRINT "  CO
   MPRIMENTOS EM ": INVERSE : PRINT
   "CMS": NORMAL : PRINT "  ": PRINT

```



```
60 PRINT "PESO TOTAL: "; INPUT
PT: PRINT
65 PRINT "COMPRIMENTO BRACO: ";
INPUT CB: PRINT
70 PRINT "COMPRIMENTO ANTEBRACO:
"; INPUT CA: PRINT
75 PRINT "COMPRIMENTO MAO: "; INPUT
CM: PRINT
80 PRINT "COMPRIMENTO COXA: "; INPUT
CC: PRINT
85 PRINT "COMPRIMENTO PERNA: ";
INPUT CP: PRINT
90 PRINT "COMPRIMENTO PE: "; INPUT
CF: PRINT
95 PRINT "COMPRIMENTO CABECA-TRO
NCO: "; INPUT CH: PRINT
100 UTAB 24: HTAB 1: INVERSE: PRINT
"OS DADOS ESTAO CORRETOS (S
/N) ? "; NORMAL: GET
CR$
105 IF CR$ < > "S" AND CR$ < >
"N" THEN CALL 64477: CALL 6
4477: GOTO 100
110 HOME
115 IF CR$ = "N" THEN GOTO 53
117 REM LINHAS 120 A 185: RESUL
TADOS PRELIMINARES ( PESO DO
S SEGMENTOS E DISTANCIAS PRO
XIMAS DO CG)
120 INVERSE: PRINT " RES
ULTADOS PRELIMINARES
"; NORMAL: PRINT
125 PRINT " PESO
DOS SEGMENTOS: PRINT
130 PRINT: PRINT "BRACO: "; PRINT
: PRINT "ANTEBRACO: "; PRINT
: PRINT "MAO: "; PRINT: PRINT
"COXA: "; PRINT: PRINT "PERN
A: "; PRINT: PRINT "PE: "; PRINT
: PRINT "CABECA-TRONCO: "
135 REM CALCULA PESO DOS SEGME
NTO
140 PB = PT * .027: PA = PT * .016
: PM = PT * .006: PC = PT * .0
97: PP = PT * .045: PF = PT *
.014: PH = PT * .59
145 UTAB 7: HTAB 20: PRINT PB: "
KG$"
146 UTAB 9: HTAB 20: PRINT PA: "
KG$"
147 UTAB 11: HTAB 20: PRINT PM: "
KG$"
148 UTAB 13: HTAB 20: PRINT PC: "
KG$"
149 UTAB 15: HTAB 20: PRINT PP: "
KG$"
150 UTAB 17: HTAB 20: PRINT PF: "
KG$"
151 UTAB 19: HTAB 20: PRINT PH: "
KG$"
155 UTAB 23: INVERSE: PRINT "
APORTE QUALQUER TECLA
"; NORMAL: CALL -
756: HOME
160 INVERSE: PRINT " RE
SULTADOS PRELIMINARES
"; NORMAL: PRINT
165 PRINT " DISTANCIAS PROXI
MAS DO C.G. "; PRINT
170 PRINT "BRACO: "; PRINT: PRINT
"ANTEBRACO: "; PRINT: PRINT
"MAO: "; PRINT: PRINT "COXA:
"; PRINT: PRINT "PERNA: "; PRINT
: PRINT "PE: "; PRINT: PRINT
"CABECA-TRONCO: "
171 REM CALCULA DISTANCIAS PROX
IMAS DO CG SEGMENTAR
172 DB = CB * .436: DA = CA * .43:
DM = CM * .506: DC = CC * .43
3: DP = CP * .433: DF = CF * .
429: DH = CH * .604
175 UTAB 7: HTAB 20: PRINT DB: "
Cms"
176 UTAB 9: HTAB 20: PRINT DA: "
Cms"
177 UTAB 11: HTAB 20: PRINT DM: "
Cms"
178 UTAB 13: HTAB 20: PRINT DC: "
Cms"
179 UTAB 15: HTAB 20: PRINT DP: "
Cms"
180 UTAB 17: HTAB 20: PRINT DF: "
Cms"
181 UTAB 19: HTAB 20: PRINT DH: "
Cms"
185 UTAB 24: INVERSE: PRINT "OO
UER TECLA, PARA DIST. NO DES
ENHO: "; NORMAL: GET
CR$
187 REM LINHAS 190 A 230: CONVE
RTE DADOS REAIS PARA ESCALA
NO DESENHO
190 INVERSE: PRINT " CONVERSAO
DAS DISTANCIAS NA ESCALA
"; NORMAL
195 PRINT "ESCALA = 1/X (1cm no
desenho equivale a X cms rea
is). QUAL O VALOR DE 'X' ";
INPUT E
200 UTAB 6: INVERSE: PRINT "POS
. PROXIM. C.G., EM VALORES D
A ESCALA: "
205 NORMAL
210 PRINT "BRACO: "; PRINT: PRINT
"ANTEBRACO: "; PRINT: PRINT
"MAO: "; PRINT: PRINT "COXA:
"; PRINT: PRINT "PERNA: "; PRINT
: PRINT "PE: "; PRINT: PRINT
"CABECA-TRONCO: "
215 EB = DB / E: EA = DA / E: EH =
DM / E: EC = DC / E: EP = DP /
E: EF = DF / E: EH = DH / E
220 UTAB 8: HTAB 20: PRINT EB: "
Cms"
221 UTAB 10: HTAB 20: PRINT EA: "
Cms"
222 UTAB 12: HTAB 20: PRINT EH: "
Cms"
223 UTAB 14: HTAB 20: PRINT EC: "
Cms"
224 UTAB 16: HTAB 20: PRINT EP: "
Cms"
225 UTAB 18: HTAB 20: PRINT EF: "
Cms"
226 UTAB 20: HTAB 20: PRINT EH: "
Cms"
230 UTAB 24: HTAB 1: INVERSE: PRINT
" DESEJA INSTRUcoes (S
/N) ? "; NORMAL: GET
CR$
231 IF CR$ < > "S" AND CR$ < >
"N" THEN CALL 64477: CALL 6
4477: GOTO 230
232 IF CR$ = "N" THEN HOME: GOTO
304
233 HOME
234 REM LINHAS 235 A 295: INSTR
Ucoes PARA PROSSEGUIR
235 FOR I = 1 TO 40: PRINT CHR$
(255): NEXT: PRINT
240 HTAB 10: PRINT "CENTRO DE GR
AVIDADE: "; PRINT
245 FOR I = 1 TO 40: PRINT CHR$
(255): NEXT: PRINT
```



```
250 PRINT : PRINT "Você deverá"
    marcar na figura os centros
    e gravidade de todos os seg-
    mentos (braço, antebraço, ma-
    o, coxa, perna, pé e osegme-
    nto cabeça-tronco)."
252 PRINT
253 PRINT : PRINT "Logo depois,
    determine os pontos onde se
    localizam os centros de gra-
    vidade dos membros superiores
    e, então dos membros inferi-
    ores (o programa o guiará
    nesse sentido)."
```

```
256 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
    APERTE QUALQUER TECLA
    " : NORMAL : CALL -
    756: HOME
257 FOR I = 1 TO 40: PRINT CHR$
    (255): NEXT : PRINT
258 HTAB 10: PRINT "CENTRO DE GR-
    AVIDADE": PRINT
259 FOR I = 1 TO 40: PRINT CHR$
    (255): NEXT : PRINT
260 PRINT : PRINT "Conhecendo os
    centros de gravidade dos m-
    embros superiores, inferiores
    e do segmento cabeça-tron-
    co, você poderá então deter-
    minar o C.G. do corpo inte-
    ro, na posição específica re-
    presentada pela fi-gura."
```

```
263 PRINT : PRINT "Quando o prog-
    rama solicitar a distância e
    ntre dois segmentos (na verd-
    ade, entre dois CGs), fornec-
    a o dado de acordo com o val-
    or obtido NO DESENHO (não é
    preciso converter para os
    valores reais)."
```

```
270 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
    APERTE QUALQUER TECLA
    " : NORMAL : CALL -
    756: HOME
273 FOR I = 1 TO 40: PRINT CHR$
    (255): NEXT : PRINT
280 HTAB 10: PRINT "CENTRO DE GR-
    AVIDADE": PRINT
283 FOR I = 1 TO 40: PRINT CHR$
    (255): NEXT : PRINT
290 PRINT : PRINT "O programa so-
    licitará dados com relação
    os membros direitos e esquer-
    dos. Caso os mesmos encontr-
    em-se em posição de sí-metri-
    a, um sendo encoberto pelo o-
    utro, forneça os dados corr-
    etos para o membro direito,
    e <0> para o esquerdo."
```

```
293 PRINT : PRINT "Tenha muito c-
    uidado no momento de reali-
    zar as medidas, pois qualque-
    r pequeno desvio pode impli-
    car na localização errônea
    do Centro de Gravidade do C-
    orpo."
```

```
300 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
    APERTE QUALQUER TECLA
    " : NORMAL : CALL -
    756: HOME
304 REM DETERMINAÇÃO DO CG MMSS
    : LINHAS 315-350 (M.S.DIR.),
    355-395 (M.S.ESQ.) E 400-510
    (MMSS)
305 INVERSE : PRINT " C
    ENTRO DE GRAVIDADE
    " : NORMAL : PRINT
310 PRINT "CENTRO DE GRAVIDADE -
    MEMBROS SUPERIORES"
```

```
315 PRINT : PRINT : HTAB 8: PRINT
    "MEMBRO SUPERIOR DIREITO": PRINT
320 PRINT "RAIO BRACO - ANTEBRAC-
    O: " : INPUT RB
323 GB = PA * RB / (PB + PA)
327 GB$ = STR$(GB):GB$ = LEFT$
    (GB$,5):GB = VAL(GB$)
330 PRINT : PRINT "DIST.PROXIM.
    CG SEGM. BRACO-ANT. = " : GB: PRINT
332 PRINT
333 PRINT "RAIO CG SEGM. - MAO:
    " : INPUT RM
340 G1 = PM * RM / ((PB + PA) + P-
    M)
342 G1$ = STR$(G1):G1$ = LEFT$
    (G1$,5):G1 = VAL(G1$)
345 PRINT : PRINT "CG DO MEMBRO
    SUPERIOR DIREITO: " : G1
350 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
    APERTE QUALQUER TECLA
    " : NORMAL : CALL -
    756: HOME
355 INVERSE : PRINT " C
    ENTRO DE GRAVIDADE
    " : NORMAL : PRINT
360 PRINT : PRINT : HTAB 8: PRINT
    "MEMBRO SUPERIOR ESQUERDO": PRINT
365 PRINT "RAIO BRACO - ANTEBRAC-
    O: " : INPUT R1: IF R1 = 0 THEN
    G2 = G1: GOTO 500
370 X = PA * R1 / (PB + PA)
373 X$ = STR$(X):X$ = LEFT$(X$
    ,5):X = VAL(X$)
375 PRINT : PRINT "DIST.PROX.CG
    SEGM.BRACO-ANT.ESQ.: " : X: PRINT
    : PRINT
380 PRINT "RAIO CG SEG.ESQ. - MA-
    O: " : INPUT R2
382 G2 = PM * R2 / (PB + PA + PM)
385 G2$ = STR$(G2):G2$ = LEFT$
    (G2$,5):G2 = VAL(G2$)
390 PRINT : PRINT "CG MEMBRO SUP-
    ERIOR ESQUERDO: " : G2
395 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
    APERTE QUALQUER TECLA
    " : NORMAL : CALL -
    756: HOME
400 HOME
405 INVERSE : PRINT " C
    ENTRO DE GRAVIDADE
    " : NORMAL : PRINT
407 PRINT " MEMBROS SU-
    PERIORES": PRINT : PRINT
410 PRINT "RAIO CG MSD - CG MSE:
    " : INPUT R3
415 GS = R3 / 2
417 GS$ = STR$(GS):GS$ = LEFT$
    (GS$,5):GS = VAL(GS$)
420 PRINT : PRINT : PRINT
425 INVERSE : PRINT "CENTRO DE G-
    RAVIDADE - MEMBROS SUPERIORE-
    S": NORMAL : PRINT
430 PRINT " : GS
500 IF R1 = 0 THEN GS = G1
505 MB = (PA + PB + PM) * 2
510 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
    APERTE QUALQUER TECLA
    " : NORMAL : CALL -
    756: HOME
512 REM DETERMINAÇÃO DO CG MMII
    : LINHAS 520-575 (M.I.DIR.),
    580-630 (M.I.ESQ.) E 635-71
    0 (MMII)
515 HOME
```



```

520 INVERSE : PRINT "          C
      ENTRO DE GRAVIDADE
      ": NORMAL : PRINT
525 PRINT "CENTRO DE GRAVIDADE -
      MEMBROS INFERIORES"
530 PRINT : PRINT : HTAB 8: PRINT
      "MEMBRO INFERIOR DIREITO": PRINT

535 PRINT "RAIO COXA - PERNA: ":
      : INPUT RC
540 GC = PP * RC / (PC + PP)
545 GC$ = STR$ (GC): GC$ = LEFT$
      (GC$, 5): GC = UAL (GC$)
550 PRINT : PRINT "DIST. PROXIM.
      CG SEGM. COXA-PERNA: ": GC: PRINT

555 PRINT : PRINT "RAIO CG SEGM.
      - PE": ": INPUT RP
560 G3 = PF * RP / ((PC + PP) + P
      F)
565 G3$ = STR$ (G3): G3$ = LEFT$
      (G3$, 5): G3 = UAL (G3$)
570 PRINT : PRINT "CG DO MEMBRO
      INFERIOR DIREITO: ": G3
575 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
      APERTE QUALQUER TECLA
      ": NORMAL : CALL -
      756: HOME

580 INVERSE : PRINT "          C
      ENTRO DE GRAVIDADE
      ": NORMAL : PRINT
585 PRINT : PRINT : HTAB 8: PRINT
      "MEMBRO INFERIOR ESQUERDO": PRINT

590 PRINT "RAIO COXA - PERNA: ":
      : INPUT R4: IF R4 = 0 THEN G
      4 = G3: GOTO 700
595 V = PP * R4 / (PC + PP)
600 V$ = STR$ (V): V$ = LEFT$ (V
      $, 5): V = UAL (V$)

605 PRINT : PRINT "DIST. PROX. CG
      SEGM. COXA-PERNA ESQ.: ": V: PRINT
      : PRINT
607 PRINT
610 PRINT "RAIO CG SEG. ESQ. - PE
      ": ": INPUT R5
615 G4 = PF * R5 / (PC + PP + PF)

620 G4$ = STR$ (G4): G4$ = LEFT$
      (G4$, 5): G4 = UAL (G4$)
625 PRINT : PRINT "CG MEMBRO INF
      ERIOR ESQUERDO: ": G4
630 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
      APERTE QUALQUER TECLA
      ": NORMAL : CALL -
      756: HOME

635 HOME : INVERSE : PRINT "
      CENTRO DE GRAVIDADE
      ": NORMAL : PRINT
637 PRINT "      MEMBROS IN
      FERIORES": PRINT : PRINT
640 PRINT "RAIO CG MID - CG MIE:
      ": INPUT R6
645 G1 = R6 / 2
647 G1$ = STR$ (G1): G1$ = LEFT$
      (G1$, 5): G1 = UAL (G1$)
650 PRINT : PRINT : PRINT
655 INVERSE : PRINT "CENTRO DE G
      RAVIDADE - MEMBROS INFERIORE
      S": NORMAL : PRINT
670 PRINT "          ": G1

700 IF R4 = 0 THEN G1 = G3
705 MP = (PC + PP + PF) * 2
710 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
      APERTE QUALQUER TECLA
      ": NORMAL : CALL -
      756: HOME

```

```

714 REM CALCULOS FINAIS: CG DO
      CORPO TODO
715 HOME : INVERSE : PRINT "
      CENTRO DE GRAVIDADE
      ": NORMAL : PRINT
720 PRINT "CALCULO DA LOCALIZACA
      O DO CG DO CORPO": PRINT : PRINT

725 PRINT "RAIO CG MMII - CG CAB
      / TRONCO: ": INPUT R7: PRINT

730 G5 = MP * R7 / (PH + MP)
735 G5$ = STR$ (G5): G5$ = LEFT$
      (G5$, 5): G5 = UAL (G5$)
740 PRINT "CG MMII - CAB/TRONCO:
      ": G5: PRINT
743 PRINT
745 PRINT "RAIO CG MMII/CAB/TRON
      CO - MMSS: ": INPUT R8: PRINT

750 CG = (PH + MP) * R8 / (PH + M
      P + MB)
755 CG$ = STR$ (CG): CG$ = LEFT$
      (CG$, 5): CG = UAL (CG$)
760 PRINT : INVERSE : PRINT "CEN
      TRO DE GRAVIDADE DO CORPO IN
      TEIRO: ": NORMAL : PRINT "
      ": CG
800 UTAB 23: INVERSE : PRINT "
      APERTE QUALQUER TECL
      A
      ": NORMAL : CALL -
      756: HOME
810 END

```

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. JOHNSON, R.E. A technique for determining the path of the whole body center of gravity. The Research Quarterly, 48(1):222-232, 1977.



Endereço do Autor/Author Address

Nelio Alfano Moura
R. Cantareira, 686-1º andar
01024-São Paulo-SP