

Computer Aid for Dieting and Weight Control using Model Predictive Control

Diogo Bastos

Preparação da Dissertação

2014/2015

12-02-2015

I. Índice

I.	Índice	2
	Índice de Figuras	3
	Índice de Tabelas	3
	Abreviaturas e Símbolos	3
II.	Introdução	4
1.	Introdução	4
2.	Objectivo.....	4
III.	Conceitos Teóricos.....	5
1.	Lean Body Mass	5
2.	Basic Metabolic Rate	8
3.	Perda de Peso	8
IV.	Estado de Arte	9
1.	Katch-McArdle Calculator.....	9
2.	Model My Diet.....	10
3.	Calories Per Day Calculator.....	11
4.	Calories Burned - Activity Calculator	12
5.	Body Fat Calculator.....	13
6.	Lose It!	14
7.	The Body Weight Simulator	17
V.	Plano e Requisitos do Projecto.....	21
1.	Plano de Trabalho.....	21
2.	Abordagem aos Requisitos	21
VI.	Referências	23

Índice de Figuras

Figura 1 – Exemplo dos Constituintes do Corpo Humano.....	5
Figura 2 – Pesagem através de Imersão	6
Figura 3 – BOD POD	6
Figura 4 – DEXA.....	7
Figura 5 – Lipocalibrador	7
Figura 6 – BIA.....	7
Figura 7 – Calculadora Katch.McArdle.....	9
Figura 8 – Interface Gráfica do Model My Diet	10
Figura 9 – Calculadora de Gasto de Calorias	11
Figura 10 – Calculadora de Calorias Gastas em Actividade.....	12
Figura 11 – Calculadora de Gordura Corporal	13
Figura 12 – Body Weight Simulator	17
Figura 13 - Feedback control loop	21
Figura 14 – Exemplo de Resultados de Ferramenta de Perda de Peso	22

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Objectivos de Saúde e Fitness, Loselt!.....	14
Tabela 2 – Tracking Tools, Loselt!.....	15
Tabela 3 – Conexões entre Apps&Dispositivos, Loselt!	15
Tabela 4 – Motivação e Suporte Loselt!	16

Abreviaturas e Símbolos

BMR – Basic Metabolic Rate

LBM - Lean Body Mass

BF – Body Fat

BW – Body Weight

FCNAUP - Faculdade de Nutrição da Universidade do Porto

II. Introdução

1. Introdução

A Sociedade actual manifesta uma preocupação crescente com a prática de exercício físico e um consumo de alimentos planeado em ordem de cuidar a imagem e alcançar a forma ideal.

“A engenharia é a ciência, a arte e a profissão de adquirir e de aplicar os conhecimentos matemáticos, técnicos e científicos na criação, aperfeiçoamento e implementação de utilidades” em qualquer campo de investigação, [1] daí torna-se oportuno a modelização da perda de peso em vários contextos de modo a utilizar essa informação numa futura aplicação.

2. Objectivo

Existem dezenas de estudos, *websites* e aplicações que abordam a temática baseados em diferentes equações desactualizadas e estáticas.

Este projecto ambiciona desenvolver um modelo configurável através de controlo preditivo pretendendo aproximar o mais fielmente possível o sistema não linear da perda de peso do Ser Humano. Esse modelo irá monitorizar dois parâmetros: calorias ingeridas e calorias despendidas.

Em cada semana desde o início do programa proposto, a solução óptima será recalculada considerando o novo peso introduzido pelo utilizador, actualizando o peso final e devolvendo o novo horizonte temporal para o atingir.

Com recurso a esse modelo, será desenvolvida uma ferramenta computacional completamente autónoma que dado o desvio do peso pretendido face ao peso real propõe um plano de dieta diário de exercício e ingestão calórica.

III. Conceitos Teóricos

1. Lean Body Mass

Lean Body Mass ou Massa Corporal Magra é um constituinte da composição do corpo que equivale à parte não gordurosa do corpo do Ser Humano (ossos, pele, músculo, órgãos, etc.)

Matematicamente é calculada através da subtração da gordura corporal (lípidos armazenados) ao peso total do corpo:

$$LBM = BW - BF$$

Onde:

LBM – Massa Corporal Magra

BW – Peso Corpo

BF – Gordura Corporal

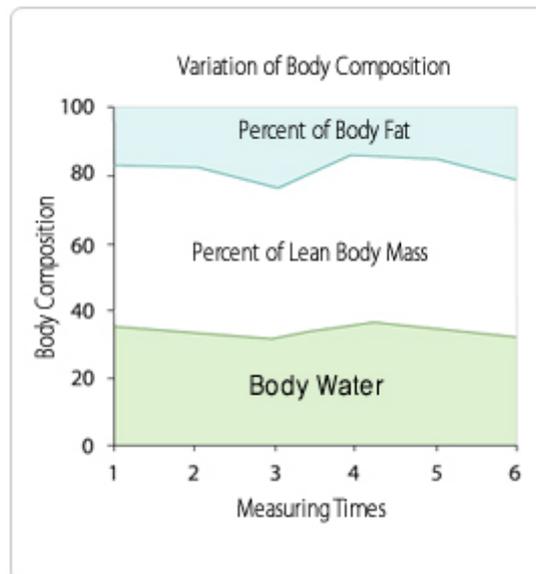


FIGURA 1 – EXEMPLO DOS CONSTITUINTES DO CORPO HUMANO

Há uma grande variedade de métodos para determinar o LBM. Alguns desses métodos utilizam equipamento específico como na Pesagem através de Imersão (figura 2), BOD POD (compartimento computadorizado) (figura 3) e DEXA (*Dual Energy X-Ray Absorptiometry*) (figura 4). Existem também outros métodos mais simples como o Lipocalibrador (figura 5) e BIA (*Bioelectric Impedance Analysis*) (figura 6).



FIGURA 2 – PESAGEM ATRAVÉS DE IMERSÃO



FIGURA 3 – BOD POD

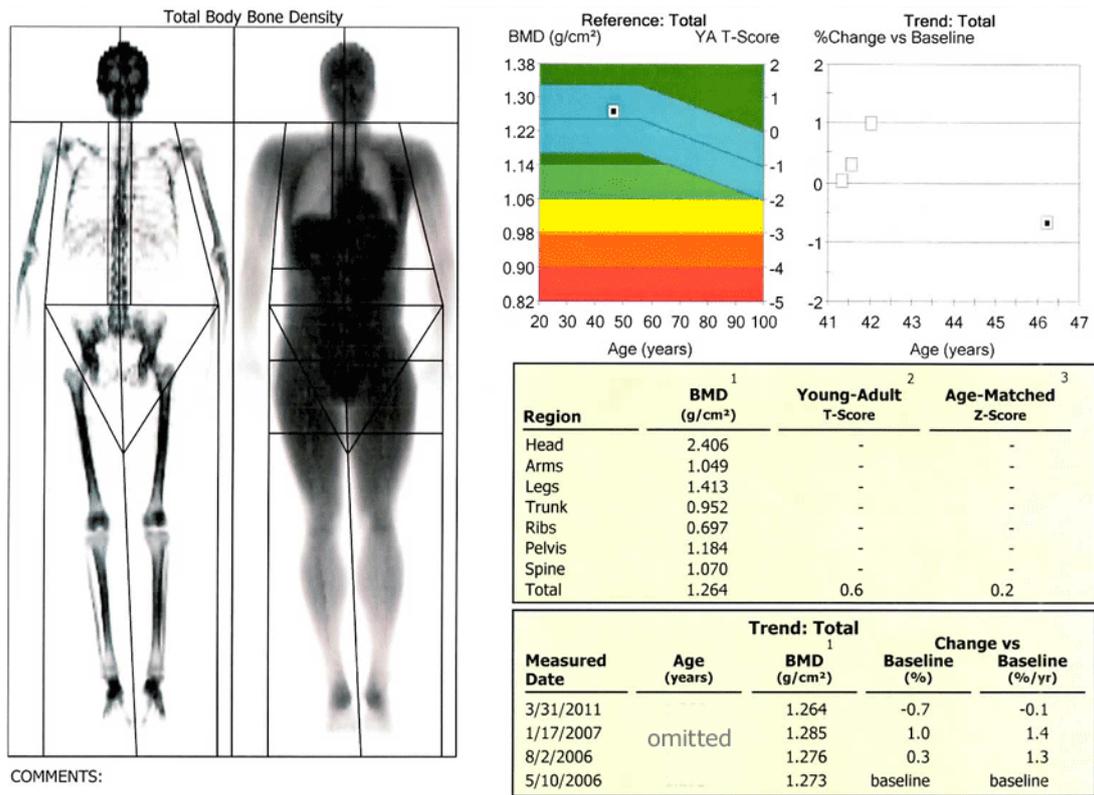


FIGURA 4 – DEXA

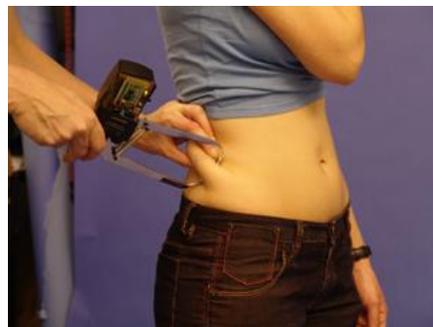


FIGURA 5 – LIPOCALIBRADOR



FIGURA 6 – BIA

2. Basic Metabolic Rate

O BMC é um índice que calcula o mínimo de energia despendida por unidade de tempo em repouso. O primeiro cientista a propor uma equação para este índice foi Harris-Benedict em 1919. Essa equação foi revista em 1984 e depois aperfeiçoada por Mifflin St Jeor em 1990: [15]

$$P = \left(\frac{10m}{1 \text{ kg}} + \frac{6.25h}{1 \text{ cm}} - \frac{5a}{1 \text{ ano}} + s \right) \frac{\text{Kcal}}{\text{dia}}$$

Onde:

P= produção de energia total

m= massa (kg)

h= altura (cm)

a= idade (anos)

s= factor correctivo, +5 para homens e -161 para mulheres

Esta equação não toma em consideração um dado crucial: quanto da massa apresentada é gordura corporal. Um indivíduo com 1,80 metros e 100 kg pode ao mesmo tempo ser obeso com alta percentagem de massa gorda como ser atlético e alta percentagem de massa muscular.

Deste facto adveio a necessidade de formular outra equação, surgindo a equação Katch-McArdle:

$$P = 370 + (21.6 * LBM)$$

Onde:

$$LBM = \frac{m * (100 - BF)}{100}$$

BF= Percentagem de massa gorda

3. Perda de Peso

A perda de peso é o fenómeno que traduz uma diminuição na soma total da massa corporal de um sujeito.

Existem vários catalisadores dessa perda de peso: voluntários e involuntários. A perda de peso pode ocorrer devido a doença, estado psicológico ou pode ser forçada através de treino e/ou dieta.

Essa perda de peso acontece dado o decréscimo de Gordura Corporal, de Massa Corporal Magra, perdas de fluídos ou tecido adiposo.

Biologicamente, a perda de peso sucede quando a ingestão de calorias (alimentação) é inferior ao consumo interno das mesmas (libertação de calor, transpiração, fluxo sanguíneo, etc.)

IV. Estado de Arte

A preocupação com o Peso e Figura levou que ao longo dos anos fossem criadas diversas “calculadoras” baseadas em diferentes pressupostos e parâmetros.

Esta secção pretende fazer o levantamento das tecnologias e suas aplicações referentes para que possa viabilizar o ajuizamento do melhor caminho a seguir ou adaptar os seguintes. Serão comentadas funcionalidades pertinentes de ser incorporadas no produto da dissertação.

1. Katch-McArdle Calculator

Este *website* baseia a sua calculadora nas fórmulas já explicadas da dupla Katch-McArdle. [2]

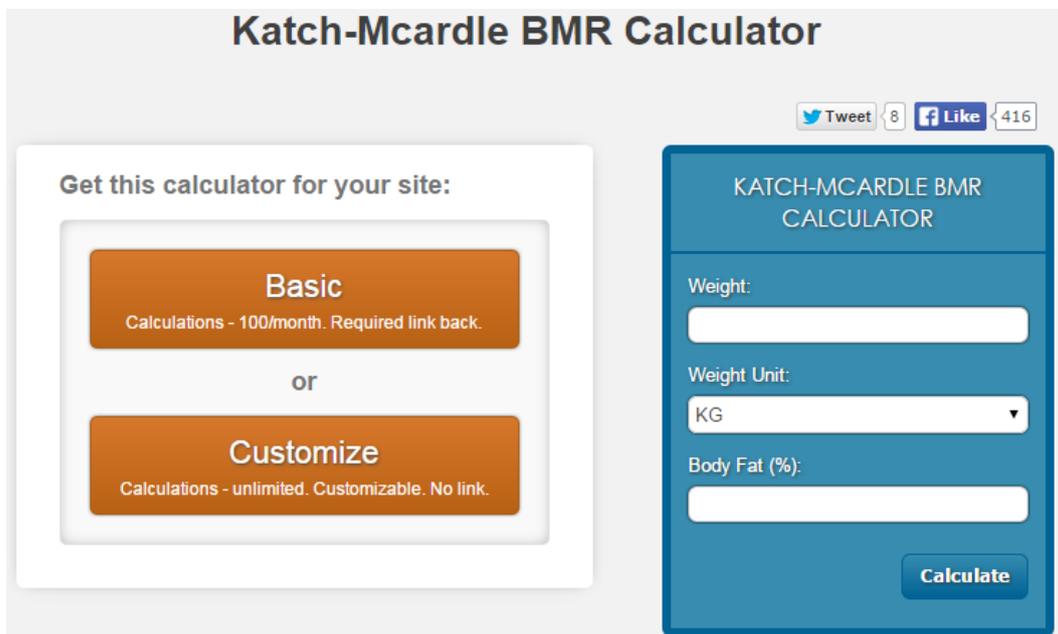


FIGURA 7 – CALCULADORA KATCH.McARDLE

Comentário

As fórmulas de Kath-McArdle têm em conta apenas a Lean Body Mass nos seus cálculos, ignorando factores como altura, idade e género que podem produzir um erro absoluto de até 4% na massa gorda livre dentro de um grupo de estudo homogéneo. [9]

Denotar a possibilidade de incorporação da calculadora em qualquer *website* desenhado pelo utilizador, com limite diário de utilizações e possibilidade de evoluir a conta de *free* para *premium*.

2. Model My Diet

O *website* funciona como um simulador do corpo humano meramente gráfico consoante a altura, tipo de corpo e peso introduzidos pelo utilizador. Tem como comparação outra figura que representa o peso objectivo do utilizador. [3]

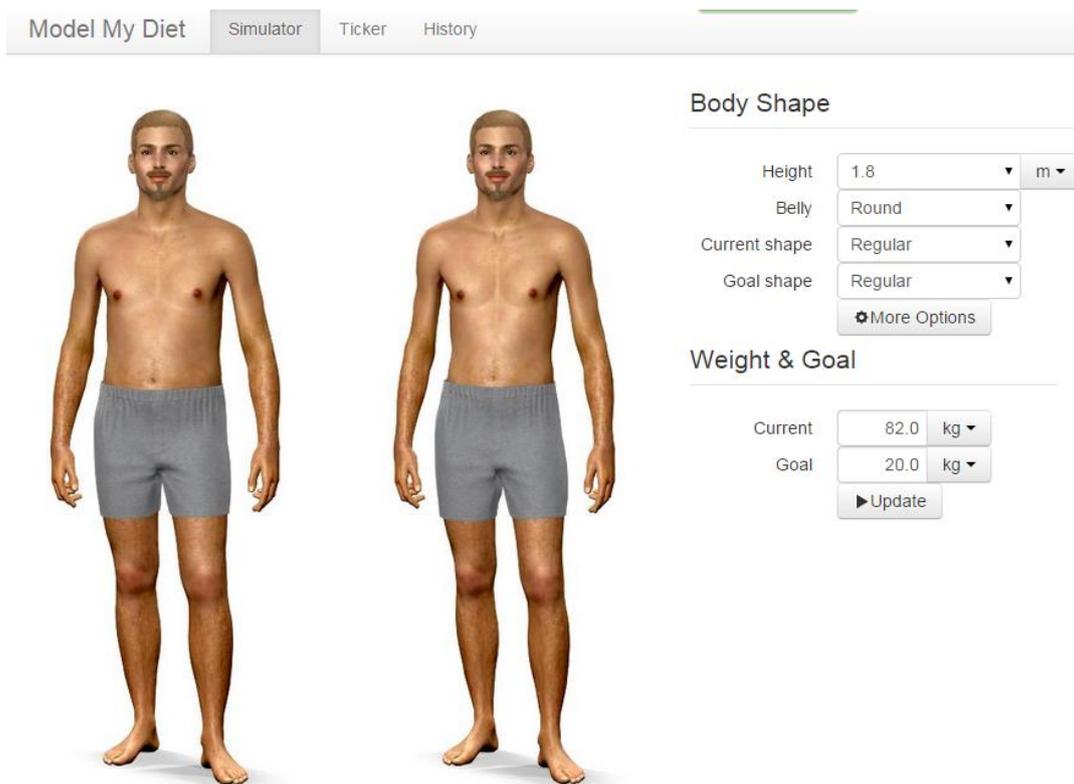


FIGURA 8 – INTERFACE GRÁFICA DO MODEL MY DIET

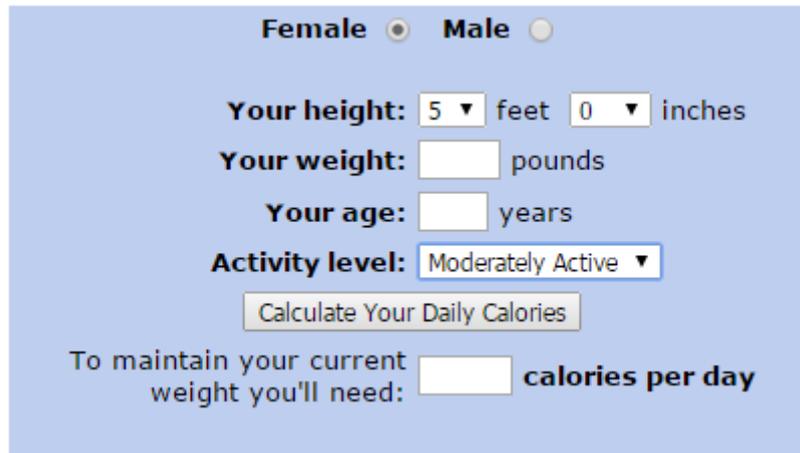
Comentário

A ideia de visualizar o peso objectivo num avatar com características semelhantes ao utilizador pode trazer vantagens no sentido que facilita o reajuste das expectativas do mesmo.

Neste *website* é apresentada uma relação linear entre a morfologia do avatar e o peso, deixando espaço de progressão para a interligação dessa transformação aliada com outros parâmetros mais avançados, ou seja, junto a equações mais complexas associadas à perda de peso.

3. Calories Per Day Calculator

Este *website* é um exemplo de muitos que calculam as calorias despendidas por dia dando automaticamente o número de calorias necessário para manutenção de peso (têm o mesmo valor). [4]



The image shows a web form for calculating daily calories. It features a light blue background. At the top, there are two radio buttons for 'Female' (selected) and 'Male'. Below this, there are four input fields: 'Your height' with dropdowns for '5' feet and '0' inches; 'Your weight' with a text input field followed by 'pounds'; 'Your age' with a text input field followed by 'years'; and 'Activity level' with a dropdown menu set to 'Moderately Active'. A button labeled 'Calculate Your Daily Calories' is positioned below the activity level dropdown. At the bottom, the text 'To maintain your current weight you'll need:' is followed by a text input field and the label 'calories per day'.

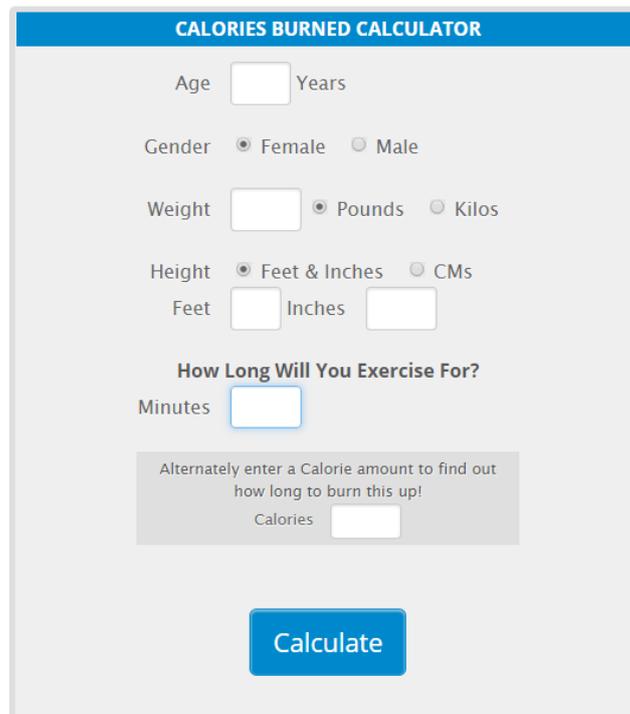
FIGURA 9 – CALCULADORA DE GASTO DE CALORIAS

Comentário

A calculadora apresentada introduz o nível de actividade praticado no cálculo das calorias despendidas, o que levanta o problema da mensuração desse mesmo nível, dado que é susceptível a um grande grau de subjectividade.

4. Calories Burned - Activity Calculator

Outra calculadora, *Activity Calculator* correlaciona o peso, altura e género com o tipo de actividade física e a duração. [5]



The image shows a web form titled "CALORIES BURNED CALCULATOR". It includes the following fields and options:

- Age: Years
- Gender: Female Male
- Weight: Pounds Kilos
- Height: Feet & Inches CMs
- Feet: Inches
- How Long Will You Exercise For? Minutes:
- Alternately enter a Calorie amount to find out how long to burn this up! Calories:
- Calculate button

FIGURA 10 – CALCULADORA DE CALORIAS GASTAS EM ACTIVIDADE

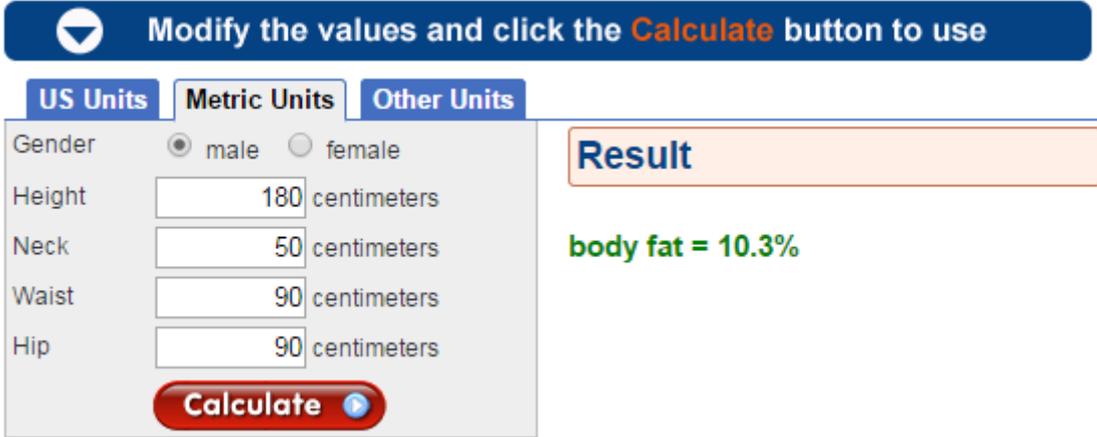
Comentário

Não só calcula as calorias consumidas sobre determinadas condições, mas esta calculadora também introduz o seu inverso, isto é, permite ao utilizador saber quantos minutos tem de exercitar em várias actividades diferentes para expender as calorias pretendidas.

Interligando essa informação com um plano de dieta, aproxima o tempo de actividade física necessária para perder o peso indesejado.

5. Body Fat Calculator

A calculadora proposta calcula a percentagem de massa gorda sabendo os valores da altura, pescoço, cintura e anca (em centímetros mas com precisão ao milímetro). [6]



Modify the values and click the **Calculate** button to use

US Units **Metric Units** Other Units

Gender male female

Height centimeters

Neck centimeters

Waist centimeters

Hip centimeters

Calculate

Result

body fat = 10.3%

FIGURA 11 – CALCULADORA DE GORDURA CORPORAL

Comentário

Mais importante do que perder peso, é saber que tipo de massa está a ser “perdida” ou transformada. Por vezes manter o peso não significa que o individuo não esteja a emagrecer, pois pode significar uma perda de massa gorda e um aumento de massa muscular em simultâneo. Daí, é bastante pertinente interligar o programa de perda de peso com a informação actualizada de percentagem de massa gorda.

6. Lose It!

No âmbito das aplicações móveis, pode-se mencionar a aplicação *Lose It!*, um programa disponível para todos os sistemas operativos dos *smart phones* que incorpora na sua versão *premium* vários campos de interesse [7], entre os quais:

Objectivos Saúde & Fitness	
Saúde	Medicinal
Peso	Glucose no Sangue
Gordura Corporal	Pressão Arterial
Hidratação	Nutrição
Sono	Hidratos de Carbono
Fitness	Gorduras
Passos	Proteínas
Calorias dos Exercícios	Fibras
Minutos dos Exercícios	Sódio
NikeFuel	Medidas Corporais
	Tamanho Pescoço
	Tamanho da Anca
	Tamanho da Cintura
	Tamanho do Bíceps
	Tamanho da Coxa
	Tamanho do Peito

TABELA 1 – OBJECTIVOS DE SAÚDE E FITNESS, LOSEIT!



Tracking Tools
Telemóvel
Scanner código de barras
Lembretes iOS
Lembretes Android
Mobile + Web
Planeamento de Refeições
Planeamento de Exercício

TABELA 2 – TRACKING TOOLS, LOSEIT!

Conexões entre Apps&Dispositivos	
App Perda de Peso	Fitness Apps
iPhone, iPad & iPod Touch	Nike+ Running
Android	RunKeeper
Kindle & Nook	MapMyFitness
Balanças Wireless	Apps Sociais
Withings Scale	Facebook
Fitbit Aria	Twitter
Detectores de Actividade	Aparelhos Medicinais
Nike FuelBand	Withings Blood Pressure Monitor
Fitbit One, Force, Flex, Zip & Classic	
Jawbone UP & UP24	

TABELA 3 – CONEXÕES ENTRE APPS&DISPOSITIVOS, LOSEIT!

Motivação & Suporte	
Amigos	Desafios
Encontrar e Juntar-se e Amigos	Juntar-se a Desafios Públicos
Grupos	Juntar-se a Desafios Privados e Escondidos
Juntar-se a Grupos Públicos	Criar Desafios Públicos, Privados e Escondidos
Juntar-se a Grupos Privados e Escondidos	Participar em Desafios sugeridos pela Aplicação
Criar Grupos Públicos, Privados e Escondidos	
Relatórios	
Relatório My Plate	
Email	

TABELA 4 – MOTIVAÇÃO E SUPORTE LOSEIT!

Comentário

A aplicação *Lose It!* é um bom exemplo das multifaces da perda de peso.

Começando pelas características de Saúde e Fitness, elas abordam dois novos parâmetros: a hidratação e a monitorização do sono. Visto que a média de percentagem de água no corpo humano ronda os 50%-65%, a hidratação do corpo tem um papel importante na pesagem. E não só, apenas uma desidratação de 1% já incapacita a performance física e mental do ser humano. [12] A privação do sono além de afectar a performance influencia a tomada de decisões e desinibe os impulsos instintivos, levando a más resoluções e exageros alimentares. [11]

Quanto às características de *Tracking*, tem uma funcionalidade de leitura de códigos de barras dos alimentos, que aliado à sua base de dados nutricional completa a informação relevante a cada refeição. Um problema ainda por resolver é a imprecisão nas quantidades ingeridas.

A nível de conectividade, é uma mais valia ser possível interligar-se com outras *apps* líderes do mercado (*RunKeeper* por exemplo) e dispositivos mais precisos nas medições biométricas (como a balança FitBit Aria).

Considerando o efeito de Hawthorne [13], dá-se significado à última tabela de características: Motivação e Suporte. O facto de o utilizador saber que publicou as suas metas a amigos ou familiares ou mesmo desconhecidos é uma motivação extra para cumprir os objectivos.

7. The Body Weight Simulator

O seguinte simulador é uma aplicação Java que permite a variação de cenários, entre os quais diferentes planos dietéticos e físicos sequenciais. [8]

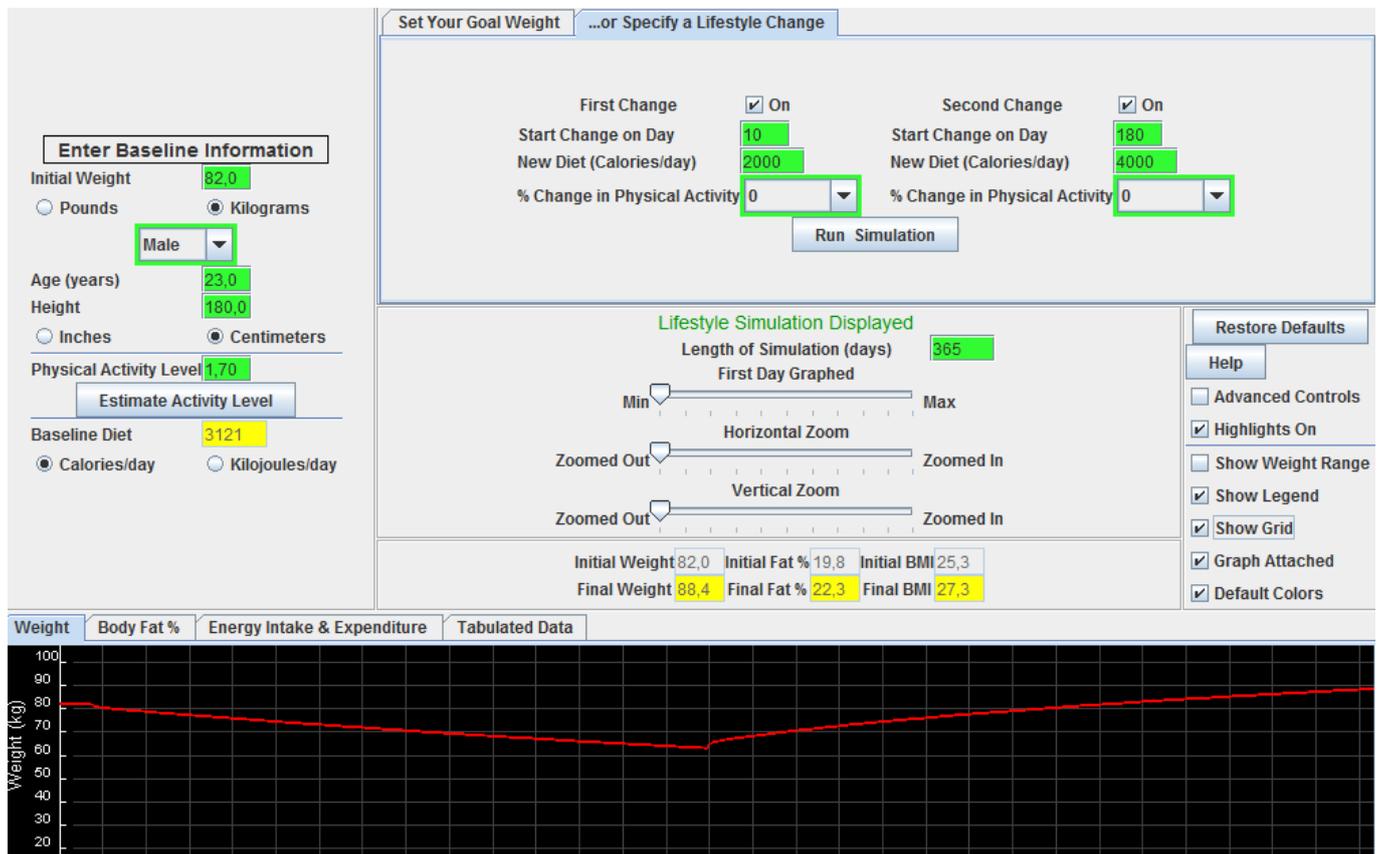


FIGURA 12 – BODY WEIGHT SIMULATOR

Comentário

Este modelo foi desenvolvido por um grupo de Investigação no National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases que veio contrariar as recomendações do Serviço Nacional da Saúde do Reino Unido e Estados Unidos da América e a Associação Americana Dietética, recomendações essas que integram o senso comum no que toca à perda de peso. Foi anunciada uma noção de que deve-se ter um *deficit* de 3500 kcal de modo a perder 1 pound (aproximadamente 0.4536 kg). Ora essa regra ignora adaptações fisiológicas dinâmicas para um peso modificado (emagrecimento, ganho de massa muscular, etc.) que provoca mudanças tanto no metabolismo em repouso como nos gastos energéticos da actividade física. [16]

Primeira Fase na Mudança de Peso

Foi proposto um modelo matemático para descrever com precisão as mudanças iniciais nas primeiras semanas de uma dieta de redução energética, onde se calculam os efeitos no glicogénio e fluidos corporais. [17]

O glicogénio é onde se pode encontrar armazenados os hidratos de carbono, responsáveis pelo balanço energético do corpo. Podem ser de dois tipos: rápida absorção e absorção lenta, sendo que o primeiro está associado ao aumento de peso.

Na seguinte equação é demonstrada a dinâmica do Glicogénio:

$$\rho_G \frac{dG}{dt} = CI - k_G G^2 \quad (1)$$

$$k_G = \frac{CI_b}{G_{init}^2} \quad (2)$$

Onde:

ρ_G = Densidade energética de G, Glicogénio (17.6 MJ/kg)

CI = Ingestão de Hidratos de Carbono

k_G = Parâmetro Correctivo

CI_b = *Baseline* da Ingestão de Hidratos de Carbono

G_{init} = Glicogénio Inicial

Repartição Energética entre Gordura Corporal e Massa Corporal Magra

Torna-se então necessário saber, da energia disponível (1), quanta é utilizada nas mudanças da Gordura Corporal (F) e Massa Corporal Magra (L)

$$\rho_F \frac{dL}{dt} = (1 - p)(EI - EE - \rho_G \frac{dG}{dt}) \quad (3)$$

$$\rho_L \frac{dL}{dt} = p(EI - EE - \rho_G \frac{dG}{dt}) \quad (4)$$

$$p = \frac{C}{C + F} \quad (5)$$

$$C = 10,4 \text{ kg} * \frac{\rho_L}{\rho_F} \quad (6)$$

Onde:

ρ_F = Energia por unidade de mudança de massa em gordura corporal (39,5 MJ/kg)

ρ_L = Energia por unidade de mudança de massa corporal magra (7,6 MJ/kg)

p = Função de Repartição de Energia

EI = Entrada de Energia

EE = Consumo de Energia

Variação do Consumo de Energia com a Actividade Física

Introduzindo a actividade física na modelação, pode-se verificar os efeitos directos no peso corporal:

$$EE = K + \gamma_F F + \gamma_L L + \delta BW + TEF + AT + \eta_L \frac{dL}{dt} + \eta_F \frac{dL}{dt} \quad (7)$$

$$TEF = \beta_{TEF} \Delta EI \quad (8)$$

$$\tau_{AT} \frac{dAT}{dt} = \beta_{AT} \Delta EI - AT \quad (9)$$

$$\delta = ((1 - \beta_{TEF}) * PAL - 1) * \frac{RMR}{BW} \quad (10)$$

Onde:

K = Constante determinada pela condição de balanço energético inicial

γ_F = Coeficiente de regressão relativo ao metabolismo em repouso versus gordura corporal (13 kj/kg/dia)

γ_L = Coeficiente de regressão relativo ao metabolismo em repouso versus massa magra (92 kj/kg/dia)

δ = Actividade física (30 kj/kg/dia é a média para uma pessoa sedentária)

η_L = Rendimento bioquímico relativo à síntese de massa magra (960 kj/kg)

η_F = Rendimento bioquímico relativo à síntese de massa gorda (750 kj/kg)

TEF = Efeito térmico da ingestão

AT = Termogénese adaptativa

β_{TEF} = ~10%TEF (0.1)

ΔEI = Diferença entre gasto de energia e entrada de energia

τ_{AT} = escala temporal para AT (14 dias)

β_{AT} = 0.14

PAL = Nível de Actividade Física (1,5 é a média para sedentários)

RMR = Ritmo Metabólico em Repouso (equações Mifflin-St. Jeor)

Caso a Massa de Gordura Corporal inicial (F) seja desconhecida, utilizam-se as equações de Jackson e col. para a calcular para homens (M) e mulheres (W):

$$F_M = \frac{BW}{100} \left(0.14 * a + 37.31 * \ln \left(\frac{BW}{H^2} \right) - 103.94 \right) \quad (11)$$

$$F_W = \frac{BW}{100} \left(0.14 * a + 39.96 * \ln \left(\frac{BW}{H^2} \right) - 102.01 \right) \quad (12)$$

Onde:

BW = peso (kg)

H = altura (m)

a = idade (anos)

Sabendo que EE é uma função do grau de mudança de F e L e estes dependem de EE , segue-se a substituição das equações (3) e (4) na equação (7):

$$EE = \frac{K + \gamma_F F + \gamma_L L + \delta BW + TEF + AT + (EI - \rho_G \frac{dG}{dt}) \left(p \frac{\eta_L}{\rho_L} + (1 - p) \frac{\eta_F}{\rho_F} \right)}{1 + p \frac{\eta_L}{\rho_L} + (1 - p) \frac{\eta_F}{\rho_F}} \quad (13)$$

Através deste modelo, resultou o simulador utilizado para prever os efeitos das variações de estilos de vida num determinado espaço de tempo.

V. Plano e Requisitos do Projecto

1. Plano de Trabalho

Inerente à proposta de Dissertação, vem indexada uma calendarização e sequenciação do trabalho a desenvolver:

- Estudar o Estado da Arte e validar o trabalho seguindo os objectivos iniciais - (semana 1 a 3)
- Aquisição do Conhecimento necessário para atingir os objectivos propostos - (semana 4 a 7)
 - Implementação Numérica de Esquemas de Modelos Preditivos
 - Análise e Implementação dos algoritmos previamente desenvolvidos no grupo
- Comparação de várias perspectivas de modo a desenvolver e validar a solução desejada - (semana 8-11)
- Desenvolvimento e Teste da solução final – (semana 12-16)
 - Implementação da metodologia desenvolvida
 - Validação da ferramenta com dados provenientes da FCNAUP
- Escrita da Dissertação - (semana 17 -20)

2. Abordagem aos Requisitos

De modo a desenvolver um modelo preditivo no âmbito do controlo de peso, é necessário aplicar uma malha fechada ao problema, isto é, pretende-se utilizar o *feedback* do utilizador para recalculer o plano dietético.

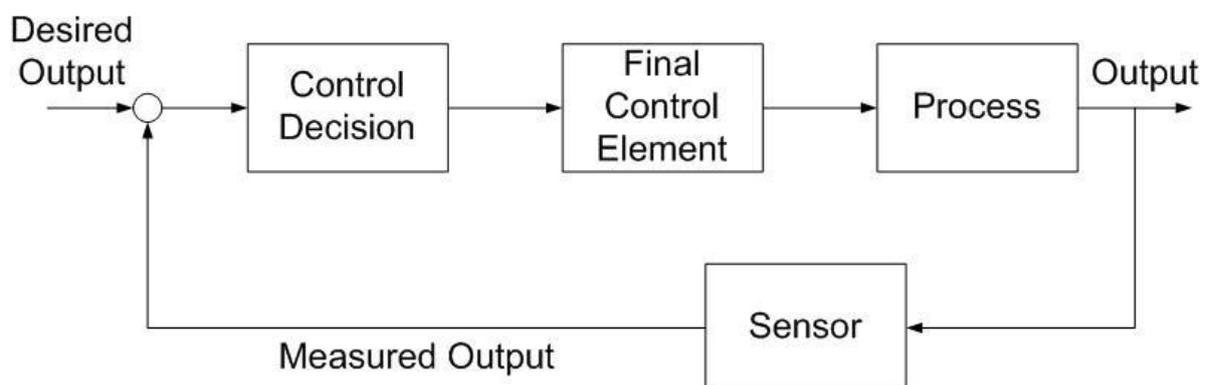


FIGURA 13 - FEEDBACK CONTROL LOOP

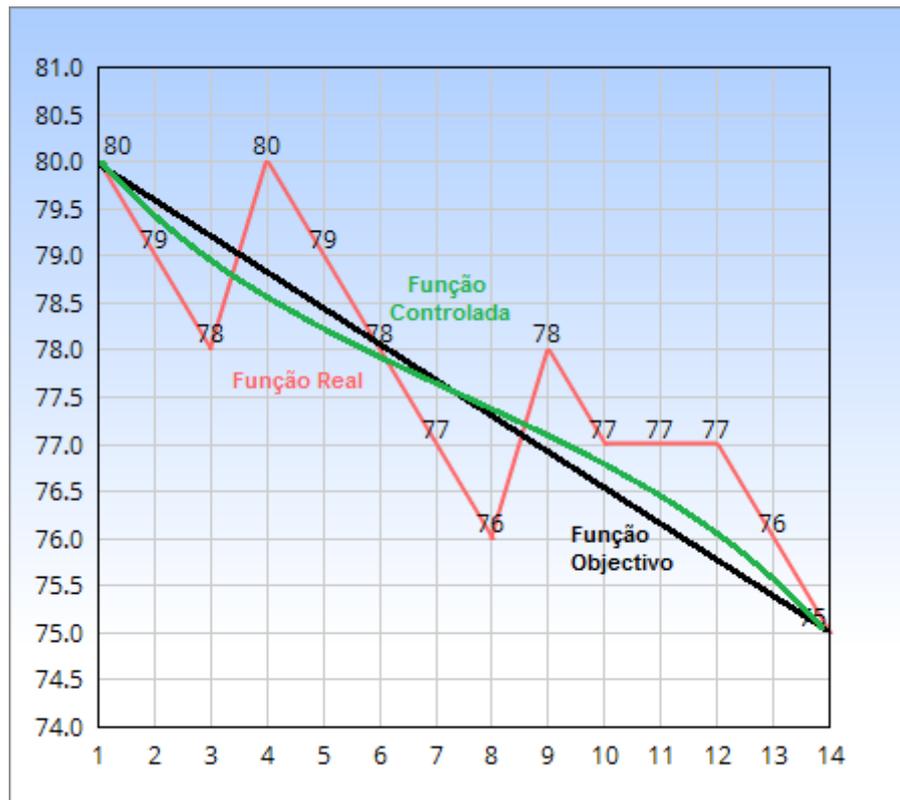


FIGURA 14 – EXEMPLO DE RESULTADOS DE FERRAMENTA DE PERDA DE PESO

Como se pode verificar pelo Estado de Arte, existem numerosas abordagens, cada uma tomando diferentes premissas e a maior parte falaciosas ou imprecisas. Assimilando essa imprecisão, pretende-se corrigir ao longo do tempo esses desvios derivados de factores incontroláveis e imprevisíveis (por exemplo, temperatura ambiente) e aproximá-los ao resultado pretendido.

Para atingir resultados fidedignos, a colaboração constante com a equipa da FCNAUP será essencial pois possuem um conhecimento mais aprofundado na área o que permitirá correcções aos modelos apresentados e consequente validação.



VI. Referências

- [1] “Engenharia-Wikipédia,” 6 Fevereiro 2015. [Online]. Available: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Engenharia>.
- [2] “Katch-Mcardle BMR Calculator,” [Online]. Available: <http://www.calculatorpro.com/calculator/katch-mcardle-bmr-calculator/>.
- [3] “Model My Diet | Virtual Weight Loss Simulator and Motivation Tool,” 2012. [Online]. Available: <http://www.modelmydiet.com/>.
- [4] “Calories Per Day Calculator - Learn How Many Calories You Need To Eat,” 2000. [Online]. Available: <http://www.shapefit.com/dailycalorie-calc.html>.
- [5] “Calories Burned - Exercise Calculator,” 2015. [Online]. Available: http://www.freedieting.com/tools/calories_burned.htm.
- [6] “Body Fat Calculator,” 2008. [Online]. Available: <http://www.calculator.net/body-fat-calculator.html>.
- [7] “Lose It! - Challenge Yourself,” 2008. [Online]. Available: <https://www.loseit.com/how-it-works/>.
- [8] “Body Weight Simulator,” 2011. [Online]. Available: <http://www.niddk.nih.gov/research-funding/at-niddk/labs-branches/LBM/integrative-physiology-section/body-weight-simulator/Pages/body-weight-simulator.aspx>.
- [9] Faculdade Internacional de Curitiba, “Body Composition,” [Online]. Available: <http://www.uta.edu/faculty/beckham/Body%20Composition.pdf>.
- [10] B. E. Ainsworth, W. L. Haskell, M. C. Whitt, M. L. Irwin, A. M. Swartz, S. J. Strath, W. L. O'Brien, D. R. Bassett, K. H. Schmitz, P. O. Emplaincourt, D. R. Jacobs e A. S. Leon, “Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities,” MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE, 2000.
- [11] “Sleep | Obesity Prevention Source | Harvard T.H. Chan School of Public Health,” Harvard T.H. Chan, [Online]. Available: <http://www.hsph.harvard.edu/obesity-prevention-source/obesity-causes/sleep-and-obesity/>.
- [12] “How Much of Your Body Is Water? What Percentage?,” About.com, 18 Outubro 2014. [Online]. Available: <http://chemistry.about.com/od/waterchemistry/f/How-Much-Of-Your-Body-Is-Water.htm>.
- [13] “Hawthorne effect - Wikipedia,” Wikipédia, 11 Fevereiro 2015. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Hawthorne_effect.
- [14] “COSMED - BOD POD Gold Standard in Body Composition,” COSMED, 1996. [Online]. Available: <http://www.bodpod.com/en/products/body-composition/adult-children-bod-pod-gs/bod-pod>.
- [15] “Basic Metabolic Rate - Wikipédia,” Wikipédia, 2015. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Basal_metabolic_rate.
- [16] K. D. Hall, G. Sacks, D. Chandramohan, C. C. Chow, Y. C. Wang, S. L. Gortmaker e B. A. Swinburn, “Quantification of the effect of energy imbalance on bodyweight,” [Online]. Available:



<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3880593/>.

- [17] "The Lancet," [Online]. Available: http://www.niddk.nih.gov/research-funding/at-niddk/labs-branches/LBM/integrative-physiology-section/body-weight-simulator/Documents/Hall_Lancet_Web_Appendix.pdf.