



CONTRIBUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE ORDENAMENTO E  
CARTOGRAFIA DO CAMPUS DE SANTA APOLÓNIA - POCCAMPUS

**António Manuel Borges Dias Pereira de Jesus**

*Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança para a  
obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais*

Orientador: **Professor Doutor João Paulo Miranda Castro**

**Bragança**  
**Outubro de 2016**

Aos meus pais, António e Preciosa  
Às minhas meninas, Teresa e Margarida

Aos meus amigos e família

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho não teria sido possível sem a ajuda de muitas pessoas que, directa ou indirectamente contribuíram para que a ideia deste trabalho tomasse forma.

A presente dissertação embora seja apresentada como resultado de um trabalho individual, é de facto, o resultado de esforços realizados por uma equipa empenhada na revisão do Plano de Ordenamento do Campus de Santa Apolónia.

Em primeiro lugar, ao Prof. Dr. João Paulo Castro Miranda, orientador científico, um agradecimento muito especial pela disponibilidade, pelo apoio, pela amizade e partilha de conhecimentos, sem os quais não seria possível a realização desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Orlando Soares, docente da ESTIG, pela informação alfanumérica relativa à rede de iluminação do Campus.

À Izabella Luzia Silva Chaves pela sua disponibilidade na realização dos trabalhos de campo.

A todos que não mencionei que de uma forma indirecta que contribuíram para a realização deste trabalho.

Um agradecimento muito especial à minha esposa Teresa e filhota Margarida, pelo encorajamento, carinho e paciência ao longo deste tempo.

## RESUMO

Os Sistemas de Gestão de Bases de Dados (SGB) são plataformas informáticas de gestão espacial que tendo como base informação alfanumérica coadjuvada com informação vectorial e raster, permite a visualização dos resultados em formatos gráficos ou mistos, sendo de extrema importância no contexto actual da era digital. Estes podem ser exportados para sistemas “webSIG” de livre acesso e a partir de um ponto qualquer, o utilizador on-line aceder a essa informação.

Este trabalho foi integrado nas actividades do Plano de Ordenamento e Cartografia do Campus de Santa Apolónia – POCCAMPUS, que o Instituto Politécnico de Bragança se propôs realizar.

Constituíram-se equipas interdisciplinares de engenharia civil, electrotecnia, ambiente, paisagismo, urbanismo e arquitectura, entre outras, havendo a necessidade de mapear a situação actual do campus para tomadas de decisão posteriores. Para a realização desta dissertação de Mestrado avaliámos em pormenor os aspectos relacionados com a gestão do parque arbóreo e espaços verdes, e ainda a luminária do IPB e a sua interacção com o parque arbóreo, permitindo assim uma melhor gestão futura.

O SGB foi desenvolvido com base em ArcMap versão 9.3.1 o qual permitiu integrar ficheiros CAD \*.dwg ou \*.dxf versão AutoCad, assim como ficheiros de campo \*.cor da importação do receptor GPS Trimble GeoXT, e outra informação georreferenciada.

A cada entidade geográfica, previamente organizada tipologicamente em polígonos, pontos ou linhas, foi atribuído um centro geométrico (centróide), o que permitiu fazer a ligação com a informação alfanumérica associada.

## ABSTRACT

The Database Management System (SGB) are computer platforms of spatial data management that are based on alphanumeric information assisted with vector and raster data. They allow the visualization of georeferenced data, very useful in the current context of the era digital. These systems can be exported to free access "web mapping" anywhere with Internet access.

This work was integrated into the activities of the "Plano de Ordenamento e Cartografia do Campus de Santa Apolónia – POCCAMPUS", developed by the "Instituto Politécnico de Bragança".

They were set up interdisciplinary teams of civil engineering, electrical engineering, environment, landscape, urban planning and architecture, among others, with the need to map the current situation on campus for taking further decision. For the realization of this Master's thesis we evaluated in detail the aspects related to the management of the arboreal park and green spaces, and even the outdoor luminaire of IPB and its interaction with the arboreal park, thus allowing a better future management.

SGB was developed based on ArcMap version 9.3.1 which allowed the integration of CAD \* .dwg or \* .dxf AutoCad version files, as well as field files \* .cor imported from Trimble GPS receiver GeoXT and other georeferenced information.

Each geographical entity, previously organized typologically in polygons, lines or points, was assigned a geometric center (centroid), which allowed to link to the associated alphanumeric information.

## Índice

Índice de figuras.....	viii
Índice de tabelas.....	x
Lista de abreviaturas, símbolos e acrónimos .....	xi
1 Introdução .....	1
1.1 Objectivos .....	1
1.2 Breve história do Campus .....	2
1.3 A organização e dinâmica do espaço do Campus.....	2
1.4 Organização da dissertação .....	3
2 Considerações acerca de planificação e ordenamento.....	5
2.1 Introdução.....	5
2.2 Importância do SIG na planificação e ordenamento .....	6
2.3 Aplicabilidade dos SIG's. ....	6
2.4 Situações existentes no Campus. ....	7
3 Cartografia digital e Sistemas de Informação Geográfica .....	11
3.1 Introdução.....	11
3.2 Especificações de cartografia digital.....	11
3.3 Pontos.....	11
3.4 Linhas.....	12
3.5 Polígonos.....	12
3.6 Estrutura de dados no AutoCAD.....	12
3.7 Estrutura de dados no ArcMap .....	14
3.7.1 Formato ShapeFile .....	14
3.7.2 Formatos GeoDataBase.....	14
3.8 Estrutura dos dados geográficos POCCAMPUS no ArcMap .....	15
3.8.1 Vias e faixas de comunicação .....	16
3.8.2 Rede e Limites hidrográficos .....	17
3.8.3 Edificado.....	17
3.8.4 Parcelário.....	17
3.8.5 Pontos – locais .....	17
3.8.6 Linhas – redes .....	17
3.9 Ligação entre CAD e SIG.....	18
3.9.1 Como visualizar dados CAD no SIG .....	18
3.9.2 Criação de rotinas e procedimentos para ligação entre CAD e SIG .....	19
3.9.3 Polilinhas CAD para polígonos SIG .....	19
3.9.4 Estrutura parcelar .....	20

3.9.5	Criação de centróides.....	22
3.9.6	Conversão de linhas CAD em polígonos.....	25
3.10	Integração com dados obtidos por receptor GPS .....	30
3.10.1	Introdução .....	30
3.10.2	Projecto GPS PathFinder Office .....	31
3.11	Integração dos dados numa base de dados relacional.....	35
4	Tecnologias de iluminação de vias públicas e de espaços verdes .....	37
4.1	Introdução.....	37
4.2	A iluminação urbana e sua importância .....	37
4.3	Poluição luminosa.....	38
4.4	Implicações da poluição luminosa.....	40
4.5	Questões levantadas para um planeamento consistente de iluminação urbana .....	41
4.6	Gestão inteligente para iluminação eficiente .....	41
4.7	Proposta de iluminação no Campus do IPB. ....	42
5	Parque arbóreo dum campus universitário.....	45
5.1	Introdução.....	45
5.2	Inventário do parque arbóreo do Campus de Sta Apolónia .....	45
5.3	Avaliação fitossanitária das árvores .....	45
5.4	Avaliação do crescimento das árvores .....	48
5.4.1	Introdução .....	48
5.4.2	Dimensões típicas das árvores.....	49
5.4.3	Acréscimo médio anual.....	50
5.4.4	Equações alométricas .....	52
5.5	Relatórios e Mapas do inventário das árvores.....	53
5.5.1	Relatórios do inventário das árvores .....	53
5.5.2	Mapas do inventário das árvores .....	54
5.6	Modelação de crescimento das árvores .....	55
5.6.1	Estrutura da rotina “PROJ2020” .....	56
6	Integração da informação.....	59
7	Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros .....	61
7.1	Conclusões .....	61
7.2	Perspectivas de trabalhos futuros.....	61
8	Referências bibliográficas.....	63
8.1	Bibliografia .....	63
8.2	Consultas na Internet.....	63

## Índice de figuras

Figura 1 - Planta interior do edifício da "ESTIG" em ArcMap .....	7
Figura 2 - Entrada da ESA .....	8
Figura 3 - Projecção das copas das faias .....	8
Figura 4 - Distribuição espacial da iluminação no viaduto .....	9
Figura 5 - Átrio da ESTIG/ESA .....	9
Figura 6 - Traçado pedonal da ESE e a ESTIG.....	10
Figura 7 – Níveis (Layers) importados do AutoCAD para o ArcMap (é respeitada automaticamente a formatação).....	14
Figura 8 – Definição do sistema de coordenadas dos dados CAD (.dwg) .....	16
Figura 9 – Adição de dados CAD no SIG .....	18
Figura 10 – Conversão de coordenadas de D73 para UTM29N_wgs84.....	19
Figura 11 – Desenho CAD organizado por Layers; estão seleccionadas as camadas com interesse para o POCCAMPUS .....	21
Figura 12 – Extracto do mapa do POCCAMPUS onde se evidenciam os centróides (pontos) e as parcelas correspondentes (polígonos).....	22
Figura 13 – Selecção de polilinhas e filtração por Layers CAD .....	22
Figura 14 – Visualização no ArcMap da importação AutoCAD.....	23
Figura 15 – Centróides de Parcelário (PointParc).....	24
Figura 16 – Centróides de Vias de comunicação (PointVias) .....	24
Figura 17 – Centróides de edificado (PointEdif) .....	25
Figura 18 – Centróides de Limites hidrográficos (PointHidro) .....	25
Figura 19 – ArcToolbox, Samples, CAD lines to Polygon Features.....	26
Figura 20 – Criação dos polígonos de edificação usando as linhas CAD dos edifícios e os centróides.....	26
Figura 21 – Relatório da criação dos polígonos .....	27
Figura 22 – Resultado da criação dos polígonos (forma tabular). Os polígonos sem correspondência com um centróide estão vazios .....	27
Figura 23 – Selecção por atributos dos registos nulos por filtro SQL .....	28
Figura 24 – Registos para eliminar (sem correspondência com centróides) .....	28
Figura 25 – Selecção da informação para edição .....	29
Figura 26 – Mapa temático no ArcMap após importação CAD e actualização da GeoDataBase 29	
Figura 27 - Receptor GPS Trimble GeoXT: Sistema Operativo Microsoft Windows Mobile para Pocket PC e software TerraSync (esquerda). Antena da estação base de referência do IPB: Receptor: Trimble Pathfinder Pro XR. Software: TRS – Trimble Reference Station (direita) .....	30

Figura 28 – Construção do dicionário de dados (TreesTbl.ddf) para gestão do parque arbóreo do Campus do IPB (GPS PathFinder Office v5.65) .....	32
Figura 29 – Alguns screenshots do terrasync (fonte: <a href="http://goo.gl/kzUTaU">http://goo.gl/kzUTaU</a> ) .....	32
Figura 30 – Resultado do levantamento de 13 árvores no dia 03-12-2014, após correcção diferencial (GPS PathFinder Office v5.65) .....	33
Figura 31 – Adição de novos registos na GeoDataBase (SIG ArcMap “APPEND”).....	33
Figura 32 – Selecção no ArcMap de indivíduos para actualização da GeoDataBase.....	34
Figura 33 – Importação de indivíduos (*.SHP) para GPS PathFinder Office (*.IMP). Foram colocados como pano de fundo (“Background”) os limites vectoriais mais importantes para facilitar a navegação e identificação de cada uma das árvores a actualizar.....	34
Figura 34 - Vista nocturna do espaço da baía de Tóquio [36] .....	37
Figura 35 - Praça cidadina [60] .....	38
Figura 36 - Poluição luminosa [56].....	39
Figura 37 - Distribuição de luz em luminárias [60] .....	40
Figura 38 - Luminárias com sensores de movimento [59] .....	41
Figura 39 - Luminárias com fotocélula [59] .....	42
Figura 40 - Pontos de luz do Campus do IPB .....	42
Figura 41 - Luminária tipo "Piano" .....	43
Figura 42 – Espiral de declínio de Manion [10] .....	47
Figura 43 – SANIDADE - Relatório por zona, rua, classe de factor limitante.....	53
Figura 44 – INTERVENÇÕES E PODAS - Relatório por zona, rua, prioridade de intervenção .....	53
Figura 45 – DADOS DENDROMÉTRICOS - Relatório por zona, rua, espécie .....	54
Figura 46 – DADOS DO LOCAL - Relatório por zona, rua e local de árvore .....	54
Figura 47 – FACTORES LIMITANTES - Relatório por zona, rua, classe de factor limitante .....	54
Figura 48 – FACTORES LIMITANTES - Relatório por zona, rua, classe de factor limitante .....	54
Figura 49 – Projecções de copa previsíveis para 2020 em função do crescimento das árvores existentes .....	55
Figura 50 – Mapa de projecção de copas actual (a cinzento) e para 2020 (a laranja) numa área do Campus do IPB.....	56

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Níveis (Layers) usados no AutoCAD para o POCCAMPUS e sua caracterização .....	13
Tabela 2 – Porção da tabela dos centróides da tipologia = Edificado.....	20
Tabela 3 – Correspondência Layer CAD para ArcMap (pontos/centróides e polígonos) .....	21
Tabela 4 – Actualização de campos da tabela através de código VBA no MSAccess (módulo "Autoexec") .....	35
Tabela 5 – Dimensões máximas reais e potenciais das árvores do Campus do IPB .....	49
Tabela 6 – Valores por espécie dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente .....	50
Tabela 7 – Valores por espécie de folhosas e idade (juvenil e adulta) dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente.....	50
Tabela 8 – Valores por espécie de resinosas dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente .....	51
Tabela 9 – Valores por espécie de resinosas e idade (juvenil e adulta) dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente.....	51
Tabela 10 – Valores agrupados dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente .....	51
Tabela 11 – Equações alométricas entre o diâmetro à altura do peito (cm) – DAP e a altura total (m) – ht, e o diâmetro de copa (m) – dc, por classe e por porte .....	52

## **Lista de abreviaturas, símbolos e acrónimos**

IPB – Instituto Politécnico de Bragança

ESA – Escola Superior Agrária

ESE - Escola Superior de Educação

ESTIG – Escola Superior de Tecnologia e Gestão

EsCAT – Escola Superior de Comunicação, Administração e Turismo

ESSa – Escola Superior de Saúde

POCCAMPUS – Plano de Ordenamento e Cartografia do Campus de Santa Apolónia

GPS – Global Positioning System

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

CIMO – Centro de Investigação de Montanha

DAP – Diâmetro à Altura do Peito

CAD – Computer aided design

SGB – Gestão de Bases de Dados

COS – Cartografia de Uso e Ocupação do Solo

GNSS – Global Navigation Satellite System

FP – Factores de Predisposição

FI – Factores de Indução

FA – Factores de Aceleração

PDF – Formato Portátil de Documentos

# 1 Introdução

O Instituto Politécnico de Bragança (IPB) é constituído por cinco escolas, quatro em Bragança e uma em Mirandela:

- Escola Superior Agrária de Bragança (ESA)
- Escola Superior de Educação de Bragança (ESE)
- Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Bragança (ESTIG)
- Escola Superior de Comunicação, Administração e Turismo de Mirandela (EsCAT)
- Escola Superior de Saúde de Bragança (ESSa)

As três primeiras estão instaladas no Campus de Santa Apolónia enquanto as duas restantes possuem instalações independentes, tendo a ESSa instalações próprias próximo do Hospital e Centro de Saúde de Bragança e a EsCAT com instalações na cidade de Mirandela.

Após 32 anos de existência, a presidência do IPB entendeu realizar a revisão do “plano de ordenamento do Campus de Santa Apolónia” (POCCAMPUS). Como resultado da fase de implantação do IPB foram feitas reformas estruturais marcantes, sobretudo com a construção dos edifícios principais. Surgiu a necessidade de analisar a integração dos espaços envolventes, identificando-se vários sectores de intervenção: a) vias de circulação (rodoviária, pedonal, ciclovias); b) redes subterrâneas (saneamento, electricidade, gás, água, telecomunicações, pluviais); c) sinalética; d) estrutura verde (jardins, alamedas); e) iluminação exterior (luminária).

Constituíram-se equipas interdisciplinares de engenharia civil, electrotecnia, ambiente, paisagismo, urbanismo e arquitectura, entre outras, havendo a necessidade de mapear a situação actual do campus para tomadas de decisão posteriores.

Propôs-se a compilação da cartografia existente levantada no terreno com equipamento de topografia de grande precisão (estação total) e a actualização por levantamento no terreno com sistema GPS de topografia (precisão de 50 cm) e ortofotografia cedida pela autarquia de Bragança de elevada resolução espacial (25 cm). Por facilidade de permuta de informação optou-se pelo formato de desenho digital em AutoCad (desenho assistido por computador, versão AutoCad 2015) e ArcMap (Sistema de Informação Geográfica – SIG, ArcMap versão 9.3.1 da ESRI®).

Foram tomados em consideração no mapeamento, entre outros, a) o uso do solo, b) a distribuição espacial das áreas urbanas, c) a rede viária, da rede de transportes e d) considerações ambientais e socioeconómicas, e) outras, criando-se unidades cartográficas homogéneas, de dimensão ajustada a uma escala de planeamento local [22].

Foi proposta a adopção, a) dum referencial absoluto, com uma única projecção cartográfica (transformação geométrica da superfície terrestre), b) uma escala base de trabalho, c) uma generalização em conformidade com a escala de base adoptada e, d) uma simbolização de acordo com o sistema de codificação [22][73][74][1][26][72].

O presente trabalho pretendeu incidir sobretudo em duas questões básicas: a) a cartografia digital e sistemas de informação geográfica como contributo a todas as equipas do POCCAMPUS, b) o particular contributo sobre a avaliação do parque arbóreo, espaços verdes e luminária do IPB, constituindo tema de realização duma tese de mestrado em Gestão de Recursos Florestais.

## 1.1 Objectivos

Com esta publicação pretendeu-se dar um contributo para o POCCAMPUS, especificamente na cartografia digital e sistemas de informação geográfica e, desenvolver aplicações de gestão

alguns temas, dedicando particular atenção à avaliação do parque arbóreo e espaços verdes do IPB para a realização desta tese de mestrado em Gestão de Recursos Florestais.

Programaram-se diversos levantamentos topográficos de elementos tais como as árvores, a rede viária, rede divisional, parcelas agrícolas, edificado, infra-estruturas, tampas de visita das redes subterrâneas de saneamento, águas pluviais, gás, electricidade.

Em colaboração com o Prof Dr. Orlando Soares da ESTIG, previu-se o levantamento do sistema de iluminação exterior do campus do IPB para realização de projecto de alteração do sistema actual, tendo em consideração os corredores verdes formados pelas copas das árvores e as necessidades de iluminação exterior.

Pretendeu-se também actualizar a ferramenta de gestão do parque arbóreo do IPB já que tem vindo a ser desenvolvida pelo Prof Dr. João Paulo Miranda de Castro, introduzindo-lhe novas funcionalidades. Com base nos dados do inventário arbóreo do IPB desde 2007 pretendeu-se modelar o crescimento das árvores e fazer uma análise crítica ao parque arbóreo e sua interacção com os restantes elementos do Campus já enunciados.

## **1.2 Breve história do Campus**

No ano de 1980 foi aprovada pelo Eng. José Luís Pinheiro, Presidente da Câmara Municipal de Bragança (desde 1975 até 1990) a venda ao Estado do terreno da Quinta de Santa Apolónia, pelo valor de 25.000 contos ( $\approx 125.000,00$  €), para aí se instalar a Escola Superior Agrária de Bragança (ESA). Seria igualmente aprovado nesse ano o projecto de construção da Escola Superior Agrária [42]. O local passou mais tarde a ser conhecido por Campus de Santa Apolónia.

A Quinta de Santa Apolónia consistia numa exploração agro-pecuária com cerca de 35 hectares, portanto de dimensão acima do vulgar no nordeste transmontano, com a particularidade de ter sido embebida na cintura urbana de Bragança à medida que se foi expandindo a cidade.

A instalação da Escola Superior Agrária de Bragança deu-se em 1983 mediante a adaptação das instalações existentes (casas, celeiros, armazéns e estábulos). As actividades lectivas da Escola Superior Agrária de Bragança começaram no ano lectivo de 1986/87 com dois Cursos de Bacharelato, depois outros, também agro-florestais, até ao ano de 1998/1999, com a reconversão de todos os cursos, adoptando o modelo das licenciaturas bietápicas.

O IPB foi criado em 28 de Janeiro 1983 agregando a ESA, a ESE e a ESSa. A ESE foi criada em 1979 e manteve-se em funcionamento em instalações fora do Campus de Santa Apolónia até 1990. A ESE evolui da antiga Escola do Magistério Primário (criada em 1947, extinta em 1983). A ESSa foi criada em 1970. Oficialmente é a mais antiga de todas as actuais escolas do IPB. As mais recentes são a ESTiG e a EsCAT que foram criadas respectivamente em 1990 e 2008.

O período de 1987 a 1990 envolveu as grandes obras de construção no Campus. Primeiro o actual edifício da ESAB, depois os edifícios da ESTiG e da ESE e seguidamente os edifícios dos Serviços Sociais. Mais recentemente, foram construídos os edifícios dos Serviços Centrais e do Centro de Investigação de Montanha (CIMO). Mantém-se bem cuidada a capela original em honra de Santa Apolónia, que dá o nome ao Campus. Celebra-se anualmente missa em honra de Santa Apolónia no dia 9 de Fevereiro.

## **1.3 A organização e dinâmica do espaço do Campus**

A Quinta de Santa Apolónia foi até 1980 uma exploração agrícola particular. Para o exercício da actividade estavam destinados os locais de maior aptidão agrícola, isto é, os solos de maior fertilidade e com disponibilidade de água para rega.

Com a instalação da ESA manteve-se o uso do solo agrícola e foram dedicados para áreas de construção os terrenos de menor aptidão agrícola. Estes coincidiram com a parte central do

campus, onde estão os edifícios da ESA, da ESTIG e Edifício de Serviços Centrais. O edifício da ESE foi construído fora da área central mas também em solos de menor aptidão agrícola.

O Campus de Santa Apolónia sofreu evolução, desde a criação do IPB, há 33 anos, até à actualidade. No período inicial o Campus teve um cariz muito rural, porque aliou o bom posicionamento estratégico com a elevada receptividade dos alunos para os cursos agrários, e ainda por ser de facto a única escola que nessa época funcionava aí em pleno. O Campus perdeu alguma da ruralidade original e diversificou-se.

Dos campos outrora agricultados restam as pastagens permanentes, uma vinha e um pomar, algumas culturas anuais para produção forrageira e os viveiros de plantas anexos ao Campus. A restante actividade agrícola foi transferida preferencialmente para polos ou quintas exteriores (Qta do Poulão e Qta do Pinheiro Manso).

A perda de ruralidade foi em parte compensada com a introdução de espaços verdes, tendo sido plantadas árvores ornamentais em jardins, e árvores em alameda ao longo da rede viária construída.

Os locais onde se construíram os edifícios e grande parte das vias de comunicação correspondem a solos oriundos de rochas ultrabásicas, sobretudo serpentinitos, que originam solos pobres em fertilidade (baixa disponibilidade de azoto, potássio e fósforo), com altos níveis de magnésio, e presença de metais pesados como o níquel e o crómio que conferem toxicidade [46]. Por outro lado, houve grande movimentação de máquinas e também a abertura de valas no período de construção dos edifícios. Como resultado disso pode haver estrangulamentos no desenvolvimento vegetativo das árvores do Campus, sobretudo as que vegetam nessas zonas. Pode também ter havido deficiente preparação do terreno e não ter sido feita fertilização adequada.

Sugere-se agora um maior envolvimento e participação dos amigos e colaboradores do IPB na gestão e manutenção dos espaços verdes do Campus.

A prévia análise global demonstra que as infra-estruturas do campus denotam perda de funcionalidade. Por exemplo a luminária exterior, está bastante obsoleta e degradada, assim como os restantes equipamentos como bancos e sinalética. Os parques de estacionamento, a rede viária e os espaços verdes carecem de revisão.

## 1.4 Organização da dissertação

No ponto 1 apresentaram-se os objectivos e restantes aspectos introdutórios.

No ponto 1 fez-se uma introdução acerca de planos de ordenamento com considerações acerca de planificação e ordenamento em particular de campus universitários.

No ponto 1 justificou-se a utilização de cartografia digital e dos sistemas de informação geográfica em planos de ordenamento. Realçou-se a importância da adopção dos programas AutoCad e ArcMap neste caso concreto. Apresentaram-se os procedimentos para sistematização da informação, as técnicas de levantamento de campo e a criação de modelos de mapas, assim como a simbologia utilizada.

No ponto 1, foram enunciadas as tecnologias de iluminação utilizadas na iluminação pública. Foram particularmente avaliados os constituintes duma luminária adequada para iluminação das vias públicas e dos espaços verdes dum campus universitário.

No ponto 1 foram feitas considerações acerca das boas práticas em espaços verdes. Também neste ponto se apresentaram as avaliações dendrométricas e fitossanitárias do parque arbóreo. Efectuou-se a modelação do crescimento das árvores e analisaram-se os factores de estrangulamento das árvores e espaços verdes. Relativamente à análise fitossanitária das

árvores foram considerados em particular os seguintes factores de declínio: de predisposição, de indução e de aceleração.

No ponto 1 fez-se uma tentativa de integração da informação, com a produção de mapas genéricos que se consideraram úteis para cada especialidade do POCCAMPUS.

No ponto 1, apresentaram-se as conclusões dos estudos apresentados na dissertação, e as possíveis colaborações futuras dentro do POCCAMPUS.

## 2 Considerações acerca de planificação e ordenamento

### 2.1 Introdução

O objectivo da planificação e ordenamento visa ordenar o espaço interior e exterior em relação ao Homem. O conceito de espaço exterior sofreu evolução ao longo dos séculos tomando maior conotação mediante a cultura e o meio geográfico inserido. Deixou de estar ligada às impressões visuais para integrar os aspectos humanizados que lhe estão subjacentes. [8]

A escala de trabalho do ordenamento do território varia em função da dimensão física da área de intervenção, determinada pela diversidade e complexidade dos dados e relações existente entre eles, permitindo uma percepção directa e intuitiva dos objectos. Para a realização de uma proposta de ordenamento do território é necessário o conhecimento profundo de todas as características de intervenção através de um inventário baseado em técnicas de diagnóstico e determinação de indicadores caracterizadores da situação, nomeadamente as origens e o contexto administrativo inserido. Este último, potencia a sua evolução no tempo sujeita a alterações adaptativas. [8]

O Instituto Politécnico tem vindo a sofrer sucessivas ampliações nos últimos anos com a construção de novos edifícios, e perante isto, é necessário estabelecer ligações entre os edifícios novos e os existentes de modo que estes façam parte do ecossistema académico através da construção de corredores e acessibilidades que interagem entre si. Há vários exemplos concretos, nomeadamente na "George Mason University" em 2007, houve a necessidade de repensar um espaço comum à comunidade académica como também à crescente comunidade em geral de Virginia Square, consequência de uma grande expansão do seu campus. Começaram por envolver todos os intervenientes num workshop público para captar as necessidades e usos desejados a dar à praça, concluindo que a praça deveria ser um espaço flexível e acolhedor para todos os usuários conhecerem. Desenvolvimento idêntico teve um espaço comum na "Duke University" em 2002 por razões idênticas. [57]

O seu desenvolvimento deve ser realizado de uma forma que permita a sustentabilidade dos seus espaços verdes através da criação de áreas novas, preservação das existentes e promoção das mesmas. A sua utilização fomenta a socialização entre os vários utilizadores, o lazer e o recreio.

A presença dos pequenos bosquetes urbanos nos Campus universitários não visam atingir um equilíbrio meramente ecológico e paisagístico, mas sim, estabelecer uma importância fundamental na qualidade de vida da população académica tendo um efeito relaxante e apaziguador através da componente natural. Para isto, a sua preservação implica necessariamente a adopção de um conjunto de regras de boas práticas culturais que vão de encontro às necessidades vegetativas das mesmas sem entrar em contraciclo com as rotinas do campus.

A elaboração de uma plataforma informática que conjuga informações intrínsecas dos vários bosquetes tais como espécie, idade, DAP, altura da copa, estados fitossanitários, localizações,... com as normas funcionais do IPB, vai permitir uma gestão mais sustentável para ambos e proporcionar um conjunto de novas disposições de espaços verdes a implantar, a sua utilização e manutenção dos mesmos. [71]

A aplicação SIG tem também o mesmo objectivo para a gestão das infraestruturas tais como iluminação exterior, redes de electricidade, comunicações, gás, saneamento e águas.

## 2.2 Importância do SIG na planificação e ordenamento

A necessidade do Homem em adquirir informação específica sobre determinados temas, sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Com as inovações tecnológicas, deixou de ser realizado apenas em papel e passou a ser possível armazenar e representar a informação num ambiente computacional permitindo o aparecimento do geoprocessamento. O geoprocessamento utiliza técnicas computacionais para o tratamento da informação geográfica trabalhadas em plataformas informáticas como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), influenciando diretamente diversas áreas ligadas à engenharia, entre outras, tais como: cartografia, ordenamento do território, comunicação, agricultura de precisão, energia, entre muitas outras. Permite assim, realizar a coleta de dados, o seu tratamento e manipulação e apresentação de informações espaciais, realizando análises e interação com dados de diversas fontes, criando assim um banco de dados georreferenciados.

A sua criação permite-nos misturar imagens de satélite, modelos 3D e GPS numa só plataforma informática, bastando às vezes para isso ter uma ligação à internet (Google Maps, Google Earth).

A digitalização de dados já existentes é um dos processos mais utilizados, permitindo a passagem de dados analógicos para uma forma digital a baixos custos. Por sua vez, a fotogrametria a partir de fotografias aéreas obtidas por medidas de pontos conhecidos e com sobreposições originando diferentes perspectivas do mesmo local dando uma percepção a três dimensões, permite a realização de medições mais rigorosas. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) baseado no sistema de navegação de constelações de satélites e conhecidas as suas posições, fornece coordenadas geográficas com maior precisão e rigor. [40]

Um SIG é uma ferramenta tecnológica que permite encontrar no geoprocessamento um aliado nas fases de levantamento de informação, diagnóstico de problemas, planeamento, elaboração de projectos e execução dos mesmos com bastante rigor e certezas. A georreferenciação dos problemas levantados, permite-nos visualizá-los espacialmente e nos levará a adoptar soluções mais racionais em menor tempo.

## 2.3 Aplicabilidade dos SIG's.

Até ao final dos anos 80, os sistemas CAD e SIG não se encontravam ligados entre si. A sua união CAD-SIG, foi um esforço por parte das empresas produtoras de software que identificaram a necessidade de facilitar esta integração correspondendo aos dois sistemas em simultâneo, possibilitando a produção de objectos gráficos CAD associados a uma base de dados, criando assim informação geográfica georreferenciada. Os Sistemas de Gestão de Bases de Dados (SGB) são plataformas informáticas especializadas no armazenamento e gestão de vários tipos de informação, permitindo a visualização e apresentação dos resultados em formatos gráficos ou mistos, tais como o AutoCAD Map, Autodesk World, Geomedia, MicroStation e Bentley Map. [35]

A sua aplicabilidade é infinita, citando alguns exemplos temos problemas típicos na administração municipal tais como a escolha do melhor lugar para a construção de um posto de saúde considerando a evolução demográfica da vila ou a distância máxima dos pontos mais limítrofes. A área da saúde para controlo de epidemias, vigilância sanitária. Na agricultura, com o conhecimento cadastral de aptidão do solo podemos reorganizar melhor a sua ocupação cultural de acordo com as potencialidades dos mesmos minimizando assim a sua degradação e maximizando a rentabilidade. No ambiente, permitiria a monitorização do coberto vegetal, controlando os níveis de erosão do solo, a poluição das águas e ar, distribuição dos resíduos, mantendo e melhorando a qualidade dos habitat's.

Com a entrada de novos dados, o seu tratamento e a actualização sobre uma base informática toda ela georreferenciada e através de aplicativos de mapeamento baseados na web contendo imagens raster (fotografias aéreas), vai facilitar ao utilizador do serviço, uma melhor identificação do local em termos de precisão. Esta, pode ser efectuada recorrendo a um receptor GPS ou a outra aplicação como Android, e com os dados georreferenciados, vai permitir a um utilizador comum sem grandes conhecimentos de SIG, chegar ao ponto pretendido. É uma ferramenta que permite prescindir de impressões em papel e consegue concentrar toda a informação que é necessária para proceder à respectiva vistoria.

O ArcGIS Online fornece aplicativos de mapeamento baseados na web que integram imagens de satélite permitindo associar os nossos dados recolhidos "in loco" e a partir daí, armazenar dados e projectos em formato digital, evitando elevadas impressões em papel e ausência de custos elevados em programas CAD-SIG. Permite dizer que o SIG online é fácil de perceber, encontra-se compactado num servidor, minimiza os custos em equipamentos e software e com uma ligação online encontra-se de imediato disponível. [44]

## 2.4 Situações existentes no Campus.

A inventariação permite estudar e compreender o património existente no Campus do IPB, fornecendo dados para o planeamento das intervenções a realizar mediante as necessidades existentes, permitindo assim estabelecer prioridades nas intervenções e possibilitando a correção de outras situações. [14]

Aquando a realização do inventário, verificou-se a existência de falhas de manutenção nos objectos em estudo, existindo mesmo potenciais atos de vandalismo. A caracterização deste inventário é traduzido no SIG através de pontos e polígonos georreferenciados possuidoras de tabelas com parâmetros de avaliação discriminados nos pontos seguintes.

Após a inventariação, procede-se posteriormente a novas inspecções utilizando o GPS da Trimble para verificação e manutenção dos objectos. Esta ferramenta irá permitir futuramente uma melhor gestão do Campus, originando alertas de falhas no sistema reportando uma mensagem identificando o parâmetro a verificar.

O mapeamento do terreno pode ser usado para capturar características interiores e/ou exteriores do Campus, com utilidade para a gestão a cargo dos Serviços do IPB ou por uma qualquer entidade externa. O modelo de edição é um mapa em ArcMap com um conjunto de ferramentas de edição para a georreferenciação de construções e espaços interiores e exteriores do Campus. [33]

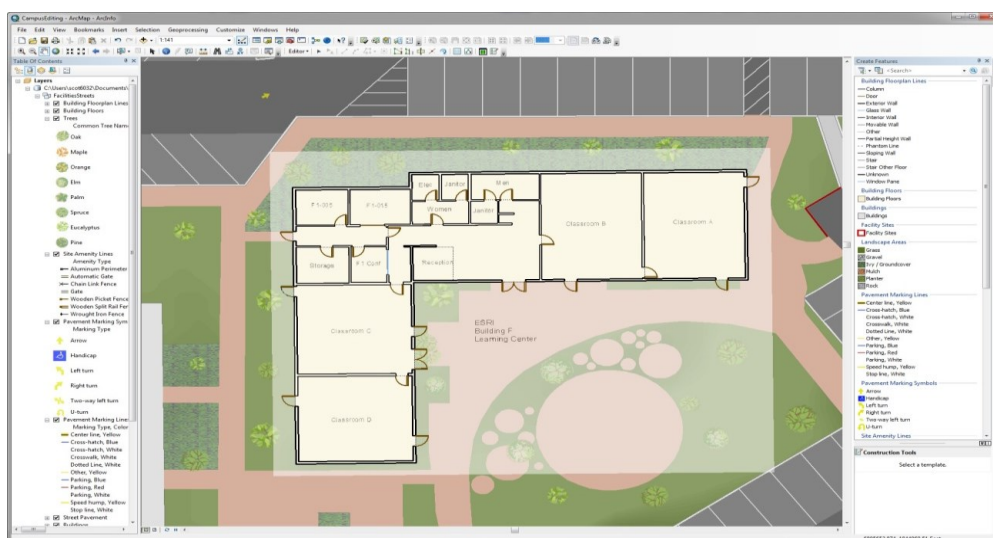


Figura 1 - Planta interior do edifício da "ESTIG" em ArcMap

A ausência de planeamento a médio/longo prazo no ordenamento biofísico como também no mobiliário urbano do campus, traduz mais tarde constrangimentos pontuais que terão que ser resolvidos pelas equipas técnicas especializadas, o qual se passa a enumerar algumas situações:

🌲 Situação 1.

Na alameda das tílias na entrada da ESA, a distribuição das tílias em ambos os lados como também a iluminação exterior, situam-se nos estacionamentos causando conflitos ao estacionamento de veículos e à passagem de peões. Nota-se ainda a ausência de passeios.



Figura 2 - Entrada da ESA

🌲 Situação 2.

Junto aos Serviços Centrais foram plantadas várias faias juvenis (*Fagus sylvatica* f. purpúrea) muito próximas do edifício, não prevendo a expansão futura das copas no estado adulto, culminando assim em conflito com o edifício. Nesta situação, sugeria-se a plantação de árvores ou arbustos ornamentais de pequeno porte.



Figura 3 - Projecção das copas das faias

🌲 Situação 3.

No acesso ao bloco dos Serviços Sociais e Cantina (viaduto sobre o rio Fervença), na escadaria de acesso à rua Dr. José Damasceno Campos como também em alguns arruamentos internos do Campus, verifica-se uma distribuição espacial da iluminação exterior com afastamentos muito reduzidos (cerca de 12m) com iluminação suportadas por luminárias tipo "globo" provocando poluição luminosa como também interrupções no espectro luminoso. A distribuição ideal seria um afastamento entre si de 20m com 4m de altura e luminárias do tipo "plano".



Figura 4 - Distribuição espacial da iluminação no viaduto

#### ✦ Situação 4.

Colocação inapropriada ou ausência total de equipamentos tais como sinalética para informação/condução dos utilizadores no âmbito da circulação entre os vários departamentos académicos; insuficiência ou ausência de mobiliário urbano tais como bancos de jardim, caixotes do lixo, equipamentos de recreio junto aos espaços sociais.



Figura 5 - Átrio da ESTIG/ESA

#### ✦ Situação 5

Presença de trilhos pedestres traçados naturalmente pelos dos utilizadores sem acompanhamento de pavimentos, iluminação e sinalética.



**Figura 6 - Traçado pedonal da ESE e a ESTIG**

Estas situações mencionadas como tantas outras, são o reflexo da falta de uma planificação previamente estruturada refletidas nas necessidades correntes e futuras. A realização de uma plataforma informática de planeamento vem colmatar atuais e futuras incongruências no ordenamento territorial e funcional do Campus, prevenindo estas situações e alertando as equipas competentes para a sua correcção.

## 3 Cartografia digital e Sistemas de Informação Geográfica

### 3.1 Introdução

Os programas de computador de Desenho Assistido por Computador (CAD) (do inglês: *Computer Aided Design*) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são tão vulgares nos nossos dias que dispensam maior delonga no seu esclarecimento.

Qualquer tipo de dados que exista na natureza poderá eventualmente ser mapeado por 3 formas: pontos, linhas e polígonos. Isso é uma característica comum a qualquer programa informático CAD e SIG.

Houve necessidade de criar cartografia digital e de implementar SIG para o POCCAMPUS em duas fases. Na primeira fase, para realizar o inventário actual do campus do IPB e, na segunda fase, para a sua utilização como base de trabalho para as várias especialidades envolvidas no POCCAMPUS. Assim, achou-se relevante fazer esclarecimentos prévios acerca das especificações de cartografia digital.

### 3.2 Especificações de cartografia digital

A cartografia digital foi criada de base em Programa informático Autodesk® AutoCAD™ 2015. Nesta fase, os ficheiros a produzir devem corresponder à versão AutoCAD 2007/LT2007 Drawing (\*.dwg). O SIG foi desenvolvido sobre o programa informático ESRI® ArcMap™ 9.3 (Sistema de Informação Geográfica – GIS ou SIG). Para facilidade de permuta de ficheiros entre ambos os programas, os ficheiros CAD foram gravados no formato \*.dwg, versão AutoCAD 2007/LT2007.

Adoptou-se uma projecção Transversa de Mercator com o sistema de coordenadas projectadas “Datum\_73\_Hayford\_Gauss\_IPCC”, também adoptado pela Câmara Municipal de Bragança, facilitando a permuta de informação cartográfica entre ambas as instituições (IPB e CMB).

No SIG manteve-se o mesmo sistema de coordenadas de base. No entanto, para a representação dos dados e geocodificação foi adoptado o sistema de coordenadas projectadas “WGS\_1984\_UTM\_Zone\_29N”.

Também se incorporaram nos elementos desenhados a localização geográfica em unidades angulares (grau) de latitude e longitude, adoptando o sistema de coordenadas geográficas “GCS\_WGS\_1984”, Datum “D\_WGS\_1984”, para interacção facilitada com outros programas de mapeamento digital de acesso livre (Google Maps/Earth, <http://www.bing.com/maps/>, ArcGIS Explorer Online, OpenStreetMap, etc.), e com dispositivos electrónicos (GPS de navegação, câmaras fotográficas com GPS, etc.).

Como em qualquer sistema de CAD ou SIG, podem ser desenhados pontos linhas ou polígonos, sendo escolhido cada tipo de acordo com o objecto ou fenómeno que se pretenda mapear.

### 3.3 Pontos

Um ponto é a localização precisa dum qualquer lugar num plano. É usualmente representado como um ponto. Em cartografia digital um ponto pode ser representado por um símbolo. Exemplos de pontos em cartografia digital: locais, fenómenos, ocorrências, centros geográficos, posição de fotógrafo, ponto de iluminação, placa de sinalização, tampa de saneamento, árvore, cesto de papéis, etc. [54][39]

Além dos exemplos descritos importa referir que as linhas e os polígonos também podem possuir um ponto que traduz o seu centro geométrico, por vezes designado por centróide ou geocódigo. [38]

Todos os fenómenos de representação cartográfica (pontos, linhas e polígonos) possuirão um centro geométrico ou centróide e um geocódigo associado (referências geográficas para registos em computador – bases de dados). A geocodificação reúne, o conhecimento e o trabalho, do geógrafo e do cientista de computação. [47]

### 3.4 Linhas

Uma linha é um objecto geométrico rectilíneo, infinitamente longo e infinitamente fino. Dois pontos definem uma linha no espaço. Em desenho digital também existe uma outra versão de linha que é a “polilinha” que é um conjunto de linhas que garante uma continuidade. Duas linhas contíguas partilham um ponto. [50]

Existem inúmeros fenómenos lineares com continuidade na natureza: curso de água, rede viária, etc. Na computação gráfica é frequentemente usada a “polilinha” para aproximar trajectórias curvas.

Neste projecto POCCAMPUS deverão evitar-se agrupamentos de linhas e/ou polígonos para evitar incompatibilidades de exportação para outros programas (ArcMap). Assim, são requeridas linhas soltas (sem complexação, sem agrupamento), e sempre que novas linhas sejam introduzidas no desenho AutoCAD, deverá accionar-se a rotina “EXPLODE” do AutoCAD, evitando eventuais agrupamentos de linhas (e polígonos).

É muito importante trabalhar com os “Object Snaps” para garantir a intersecção dos vértices. Os “Object Snaps” são auxiliares de desenho que são usados em conjunto com outros comandos para desenho de precisão. Por exemplo, permite escolher com precisão o ponto final de uma linha ou o centro de um círculo. Em AutoCAD, não é possível desenhar com precisão sem os “Object Snaps”. [41][19]

### 3.5 Polígonos

Os polígonos são figuras geométricas fechadas constituídas por polilinhas. Num CAD, os polígonos são objectos agrupados que podem ser tratados como uma entidade própria. Neste caso específico, não há criação de polígonos deste tipo. Todos os objectos foram devidamente explodidos para a individualização de cada linha.

Os polígonos são entidades geográficas que permitem caracterizar fenómenos como uso do solo, edifícios, etc.

Também se deverão evitar agrupamentos de polígonos, tal como se referiu para as linhas e polilinhas. Os agrupamentos serão posteriormente criados após exportação para outros programas (ArcMap).

Deverá haver o cuidado de aproveitar os desenhos existentes para partilha de fronteiras ou limites. No ArcMap, quando se produzem polígonos existe uma opção extremamente útil para esse efeito, chamada “*Auto Complete Polygon*”. Uma vez que os limites dos polígonos a construir serão desenhados no AutoCAD, deverá haver esse cuidado para evitar duplicação de elementos. No AutoCAD existe uma ferramenta que pode ajudar na detecção e eliminação de anomalias deste tipo, através da rotina “OVERKILL”. Aconselha-se o seu emprego esporadicamente e sobretudo no caso de ocorrerem erros de exportação para outros formatos. [19]

### 3.6 Estrutura de dados no AutoCAD

O que se pretendeu do AutoCAD foi o desenho rigoroso dos limites de objectos. E também que a equipa do POCCAMPUS tentasse respeitar algumas recomendações de desenho para facilitar a permuta de informação. Foram considerados vários tipos de objectos de acordo com a estrutura da informação. Como alguns exemplos, os limites de parcelas, as extremidades de

edifícios, os lancis de passeios, os eixos de vias de comunicação, entre alguns outros também importantes para cada especialidade do POCCAMPUS.

Optou-se por desenhar apenas polilinhas. Ainda que um vector linha possa ser definido pela ligação entre dois pontos, em desenho digital temos outras definições de linha, que são as “polilinhas”. No fundo são várias “linhas” encadeadas e quando seleccionada uma qualquer delas é seleccionada toda a cadeia de linhas. Isso permite criar agrupamentos ao invés de fazer polígonos cuja tarefa nem sempre é a mais apropriada quando se pretende depois exportar cartografia para SIG. De facto, quanto mais simples for o desenho digital mais simples também se torna o procedimento de transferência entre programas. No entanto a simplicidade é neste caso sinónimo de objectividade, porque toda a informação vectorial desenhada tem de obedecer a regras muito rígidas as quais se vão tornando fluidas na sua utilização corrente. Com o AutoCAD, quanto mais se desenhar mais se vai aprendendo e melhorando desde que haja uma primeira orientação e muita leitura de manuais e troca de ideias com outros desenhadores em AutoCAD.

No presente trabalho tivemos uma primeira orientação de desenho com o AutoCAD muito útil com o Arquitecto Jorge Vaz e com os técnicos do Município de Bragança que também nos cederam diversos trabalhos já efectuados para anteriores projectos. Realçamos os seguintes projectos:

- Ciclovia que circunda o Campus de Sta Apolónia
- Projecto dos serviços centrais do IPB
- Projecto do Centro de Investigação de Montanha
- Outros do Gabinete de Planeamento e Gestão de Obras do IPB (<http://goo.gl/Jpdt2J>)

No CAD foram utilizados níveis (Layers) distintos para cada tema (ver Tabela 1).

**Tabela 1 – Níveis (Layers) usados no AutoCAD para o POCCAMPUS e sua caracterização**

NOME DA LAYER	COR	ESTILO DA LINHA	OBJECTO DESENHADO
jpmc_BORDADURAS	Azul	Contínua	Todas as bordaduras
jpmc_CAMINHOS	Amarelo	Contínua	Limites de caminhos
jpmc_CONSTRUCAO	Branco	Contínua	Limites de construções diversas excepto edifícios
jpmc_DESPORTO	Vermelho	Contínua	Limites das áreas desportivas
jpmc_EDIFICIOS	Vermelho	Contínua	Limites de edifícios
jpmc_LIMITES_DE_AGUA	Cinza	Contínua	Leitos dos cursos de água
jpmc_LINHAS_DE_AGUA	Cinza	Tracejado	Eixos dos cursos de água

As características dos níveis (Layers) usados no AutoCAD para o POCCAMPUS são mantidos no ArcMap (ver Figura 7) de forma automática, podendo seleccionar-se e individualizar-se, aspecto importante para a construção do SIG.

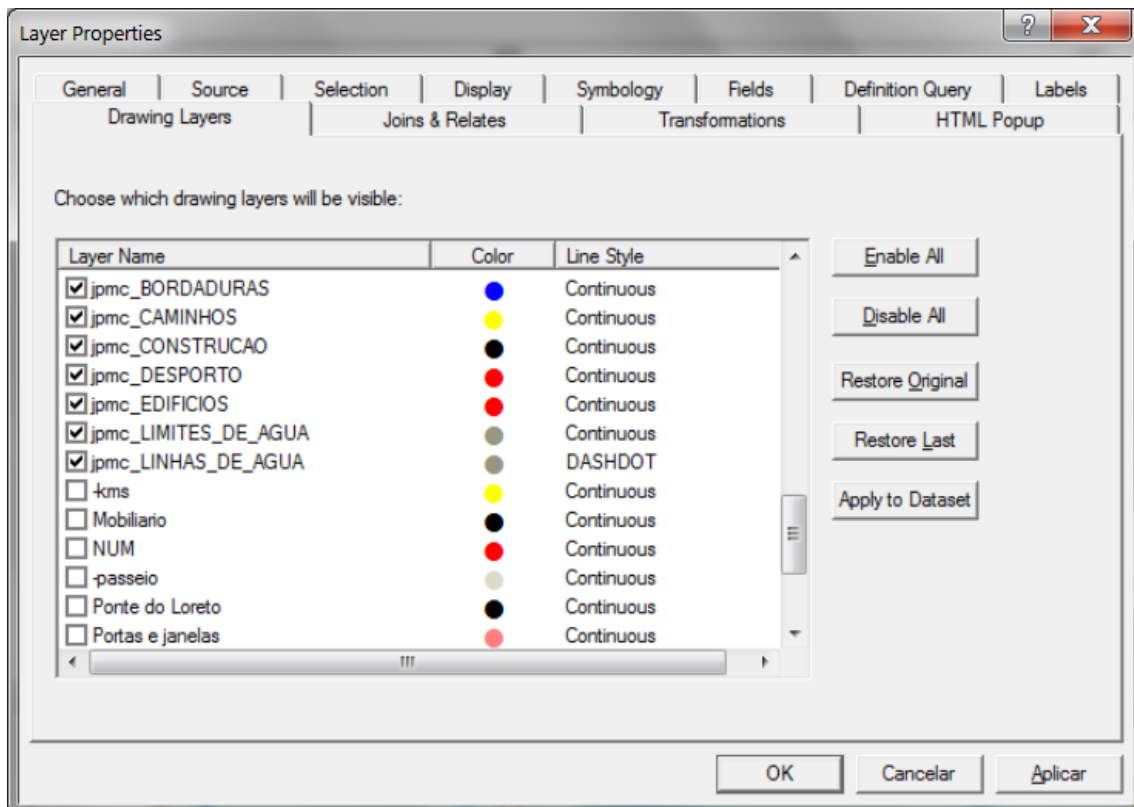


Figura 7 – Níveis (Layers) importados do AutoCAD para o ArcMap (é respeitada automaticamente a formatação)

### 3.7 Estrutura de dados no ArcMap

No ArcMap, cada catálogo de dados designa-se por “Feature” ou “Feature Class” e pode estar estruturado e organizado em pelo menos dois formatos: ShapeFile e GeoDataBase.

#### 3.7.1 Formato ShapeFile

Uma *ShapeFile* é um formato simples, não topológico, para armazenamento de localizações geográficas e informação de atributos de fenómenos geográficos. É um dos formatos para dados espaciais que pode ser utilizado em ArcMap. A ShapeFile define a geometria e os atributos dos fenómenos geograficamente referenciados em 3 ou mais ficheiros com extensões específicas (.dbf, .prj, .sbn, .sbx, .shp, .shx, .xml e outros) que deverão ser armazenados no mesmo ambiente de trabalho e possuírem o mesmo nome, excepto a extensão. Por exemplo: caminhos.shp, caminhos.shx, caminhos.dbf. A extensão .dbf é uma tabela dBASE que armazena a informação dos atributos das fenómenos geográficos (features).

#### 3.7.2 Formatos GeoDataBase

Uma GeoDataBase é uma colecção de séries de dados geográficos de vários tipos usados no ArcGis (ArcMap) e geridos ou numa pasta (File GeoDataBase) ou numa base de dados relacional (Personal GeoDataBase e ArcSDE GeoDataBase). É a forma nativa de fontes de dados para o ArcGis. São usados para edição e automação de dados no ArcGis. [18]

Algumas das séries de dados geográficos são:

- ✦ **Tabelas:** colecção de registos em linhas, cada uma contendo os mesmos campos. “Feature Classes” são tabelas com campos de forma (Shape).
- ✦ **“Feature Class”:** uma tabela com um campo “Shape” contendo geometria num dos seguintes tipos – ponto, linha ou polígono, para representar fenómenos geográficos. Cada linha é uma “Feature”.

- ✦ **Raster dataset:** contém imagens raster que representam fenómenos geográficos contínuos.

Tipos de GeoDataBases:

- ✦ **Personal GeoDataBase:** Armazenada em base de dados Microsoft Access (MSAccess). Capacidade limitada a 2 GB, aconselhando-se no entanto entre 250 e 500 MB por GeoDataBase. Uso no Windows apenas. Suporta apenas um editor e alguns visualizadores.
- ✦ **File geodatabase:** Armazenada numa pasta de ficheiros. Permite séries de dados com mais de 1 TB. Uso em qualquer plataforma. Suporta apenas um editor e alguns visualizadores.
- ✦ **ArcSDE geodatabase:** Armazenada em bases de dados relacionais – RDBMS (Oracle, SQL Server, DB2, Informix). Suporta múltiplos editores e múltiplos visualizadores.

### 3.8 Estrutura dos dados geográficos POCCAMPUS no ArcMap

Um SIG é um conjunto de dados e procedimentos que permitem gerir e associar informação geográfica e informação alfanumérica. O objectivo da instalação dum SIG pode ser simplesmente a produção de mapas temáticos. E mesmo sendo simplesmente isso, o processo possui alguma complexidade.

A informação geográfica tem de ter associado um sistema de coordenadas. O SIG tem frequentemente de importar e exportar dados havendo por isso a necessidade de compatibilizar formatos e respeitar os sistemas de coordenadas de origem.

Um projecto ArcMap deverá possuir um sistema de coordenadas de base, enquanto cada camada de informação poderá ter o mesmo ou um diferente sistema de coordenadas. Já foi referido atrás em 3.2 que o sistema de coordenadas adoptado para visualização foi o WGS\_1984\_UTM\_Zone\_29N. Qualquer dado geográfico a ser importado para este projecto carece de transformação do sistema de coordenadas de origem para este, e para isso cada camada de informação geográfica a adicionar ao projecto, tem de ter pré-definido o seu sistema de coordenadas. Essa tarefa deve efectuar-se antecipadamente no programa “ESRI© ArcCatalog”. Por exemplo, o ficheiro CAD encontra-se no sistema D\_73 (Figura 8).

A adopção do sistema WGS\_1984\_UTM\_Zone\_29N trouxe vantagens quer na utilização de ortofotografia “Online” que estão projectados nesse sistema (“ArcGIS Map Service”) quer na exportação de dados para sistemas “WebSIG” de livre acesso (Google Earth; ArcGIS Explorer Online).

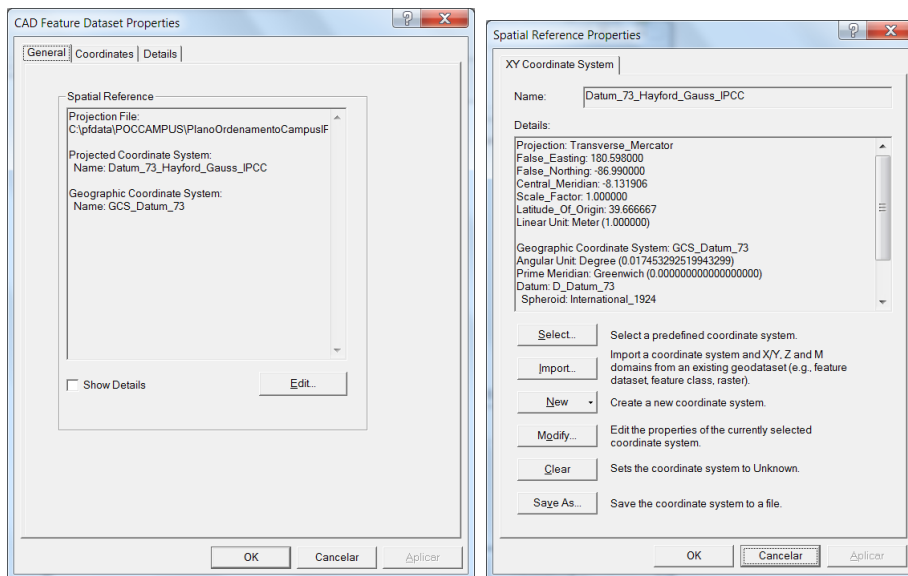


Figura 8 – Definição do sistema de coordenadas dos dados CAD (.dwg)

Os objectivos principais dos projectos ArcMap foram

- ✦ Produção de mapas temáticos úteis para cada especialidade do POCCAMPUS.
- ✦ Gestão da informação do POCCAMPUS
- ✦ Gestão das árvores dos espaços verdes (ornamentais e de alinhamento) do Campus do IPB

De acordo com a estrutura parcelar do território que também será abordada no ponto 3.9.4, foram considerados os seguintes temas no SIG: a) Vias e faixas de comunicação, b) Rede e Limites hidrográficos, c) Edificado, d) Parcelário, e) Pontos diversos.

Foram construídas GeoDataBases para cada um dos projectos:

- ✦ GeoDataBase para a gestão das árvores ornamentais do Campus do IPB: "C:\...\Trees.mdb"
- ✦ GeoDataBase para a gestão do POCCAMPUS, que incluiu, as Vias e faixas de comunicação, a Rede e Limites hidrográficos, o Edificado, o Parcelário, Redes subterrâneas (Caixas de visita – pontos): "C:\...\POCCAMPUS.mdb"

O sistema parcelar implicou a constituição de unidades geográficas homogéneas com classificação e codificação coerente com o sistema de legenda da Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 – COS2007, proposto pela Direcção Geral do Território (DGT) [21]. Apresenta-se em anexo a legenda completa da COS2007.

### 3.8.1 Vias e faixas de comunicação

O eixo de via seria à partida suficiente se a faixa de rodagem tivesse sempre a mesma largura. Mas não é isso que acontece e por isso foi considerada também a faixa de comunicação que a limita, na forma de polígono. Entende-se como faixa de comunicação a porção de terreno que contém o eixo de via limitado pelos lancis de passeios e outras bordaduras. Constituem unidades geográficas homogéneas com classificação COS2007 = "Rede viária e espaços associados" e codificação COS2007 = "1.2.2.01.1", de acordo com uma tipologia (beco, caminho, ciclovia, escadaria, largo, rua, travessa, viela), uma codificação exclusiva de numeração (incremento numérico), uma classe de via (1 a 6, por ordem decrescente de importância), tipo de pavimento

(asfalto, calçada, cimento, saibro, sintético) e toponímia (descrição da via) e comentário (preenchimento não obrigatório).

### **3.8.2 Rede e Limites hidrográficos**

Para a rede e limites hidrográficos foi considerada uma forma linear para o eixo hidrográfico e uma forma polígona para definir o leito hidrográfico. Constituem unidades geográficas homogéneas com classificação COS2007 = “Cursos de água naturais” e codificação COS2007 = “5.1.1.01.1”, de acordo com uma tipologia (canal, captação, linha de água, ribeira, rio), uma codificação exclusiva de numeração (incremento numérico), toponímia (nome da via) e comentário (preenchimento não obrigatório).

### **3.8.3 Edificado**

Para a organização do edificado foi considerada uma forma polígona. Constituem unidades geográficas homogéneas com múltiplas classificações COS2007 (Tecido urbano descontínuo disperso, Equipamentos públicos e privados, Instalações agrícolas, Infra-estruturas agrícolas, Infra-estruturas de produção de energia renovável, Infra-estruturas de produção de energia não renovável, Outros equipamentos de lazer) e codificação correspondente COS2007 (1.1.2.2.1, 1.2.1.3.1, ...), de acordo com uma tipologia (Edificado, Instalações agrícolas, bombagem de água e outros, Infra-estruturas agrícolas), toponímia (nome do edifício) e comentário (preenchimento não obrigatório).

### **3.8.4 Parcelário**

Para a organização do parcelário foi considerada uma forma polígona. Constituem unidades geográficas homogéneas com múltiplas classificações COS2007 (Áreas abandonadas em territórios artificializados, Áreas de estacionamento, Áreas de logradouros, Culturas temporárias de regadio, etc.) e codificação correspondente COS2007 (1.1.1.03.1, 1.1.1.03.2, ...), de acordo com uma tipologia (estacionamento - ESA ponte, ...), toponímia (não definido ainda) e comentário (preenchimento não obrigatório).

### **3.8.5 Pontos - locais**

As unidades “Pontos” foram abstraídas como vector-ponto para levantamento e organização das árvores, das tampas de visita das redes subterrâneas de saneamento, águas pluviais, gás, electricidade e ainda dos pontos de inserção da luminária do Campus.

Para as tampas de visita foi organizada por TIPO (Eléctrico, Gás, Hidrante, Pluvial, Rega, Saneamento, Telecom, Outro), por MATERIAL (Ferro fundido, Plástico, Cimento, Galvanizado, Alumínio, Aço, Outro), por FORMA (redonda, quadrada, rectangular), por DIMENSÃO, por estado de conservação - ESTADOCONS (OK, deformado, obstruído, quebrado, sem tampa) e comentário (preenchimento não obrigatório).

Para a luminária – ILUM\_EXT, foi organizada por MODELO (candeeiro, lampião, outro), MATERIAL (Ferro fundido, Plástico, Cimento, Galvanizado, Alumínio, Aço, Outro), por ALTURA, por RAIOS DE ILUMINAÇÃO, por ESTADO DE CONSERVAÇÃO, e comentário (preenchimento não obrigatório). Faltou cruzar a informação alfanumérica recolhida pelo Prof. Dr. Orlando Soares, docente da ESTIG e membro responsável no POCCAMPUS.

Para o inventário das árvores do IPB, foram levantadas como pontos as localizações de todas as árvores “ornamentais” do IPB. Este tema será aprofundado no ponto 4.1.

### **3.8.6 Linhas - redes**

Através da união de pontos dum determinado tipo, por exemplo tampas de visita de saneamento, seria eventualmente possível criar a rede de saneamento. No entanto essa tarefa não foi ainda feita porque implicava a abertura das tampas, algumas das quais foi impossível de

fazer. Decidiu-se que essa tarefa deveria ser feita pelos serviços técnicos do IPB. Ressalva-se no entanto que é uma tarefa de realização urgente no POCCAMPUS porque tem múltiplas implicações nas intervenções subterrâneas (por exemplo, abertura de valas).

### 3.9 Ligação entre CAD e SIG

Dada a versão do ArcMap disponível (versão 9.3.1), apenas foi possível importar dados CAD até à versão de 2007, em formato dwg ou dxf.

A sobreposição de dados de CAD com os dados espaciais dum projecto SIG é uma maneira rápida e segura de adicionar conteúdos em modo de “simples leitura” (“Read Only”). Com uma configuração mínima e sem converter os dados de origem, torna-se possível incluir características de um desenho e informações de atributos para análise no ArcGIS. O SIG pode assim converter-se num repositório de informação, e que através de rotinas específicas no ArcMap, permite que os parceiros que trabalham com CAD possam fazer actualizações nos seus desenhos as quais serão visualizadas cada vez que o projecto em ArcMap é reaberto. Esse facto é extremamente importante para o POCCAMPUS porque assim permite manter a cartografia sempre actualizada sem necessidade de outros procedimentos de transformação de formatos.

#### 3.9.1 Como visualizar dados CAD no SIG

Uma ligação CAD num SIG ArcMap é feita como se cada tipo de dados (pontos linhas polígonos, texto, etc.) fosse armazenado numa pasta específica. Mesmo que haja um tipo de dados vazio, a pasta é criada mas sem quaisquer elementos. Na Figura 9 mostra-se a adição das polilinhas ao projecto. Para cada tipo de dados que se pretenda importar é necessário criar rotinas e procedimentos para ligação entre CAD e SIG que garantam uniformidade de simbologia e a sua correcta georreferenciação. Na Figura 10 ilustra-se o procedimento de transformação de coordenadas do sistema de Projecção Transversa de Mercator Datum 73 Hayford Gauss (D73) para o sistema de Projecção Universal Transversa de Mercator fuso 29 hemisfério norte “World Geodetic System” de 1984 (UTM 29N WGS84). Foi sempre necessário definir um sistema de coordenadas a cada camada de informação a adicionar no SIG, tarefa feita através do programa ArcCatalog da ESRI©. Quando o projecto em ArcMap está num sistema de coordenadas distinto da camada a adicionar é sempre requerido que se faça a correspondência de transformação.

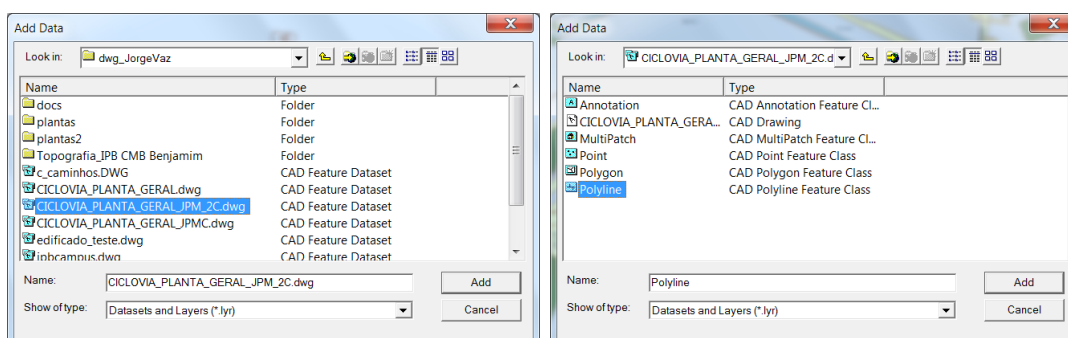


Figura 9 – Adição de dados CAD no SIG

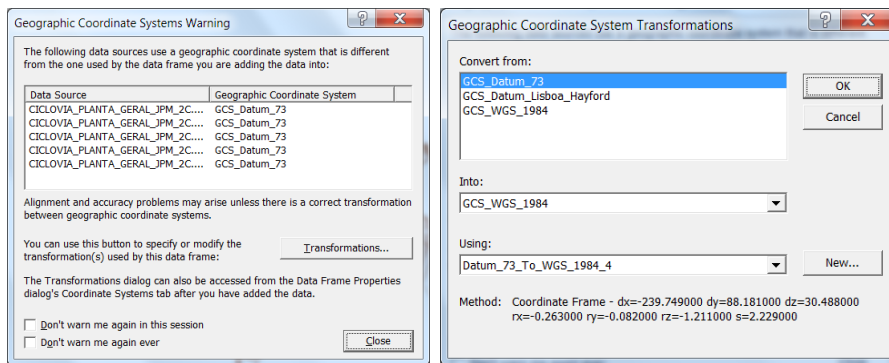


Figura 10 – Conversão de coordenadas de D73 para UTM29N\_wgs84

### 3.9.2 Criação de rotinas e procedimentos para ligação entre CAD e SIG

Foi no CAD que todas as operações de mapeamento se concentraram, para conciliar o trabalho de todas as equipas. Por exemplo para os levantamentos topográficos, as equipas de topógrafos normalmente trabalham com CAD. No entanto, com o uso de GPS de topografia, é tanto possível trabalhar com CAD como com SIG. Estipulou-se uma periodicidade semanal para se compilar e processar toda a informação recolhida num ficheiro AutoCAD 2007/LT2007 Drawing (\*.dwg) numa pasta partilhada de ficheiros.

No SIG (ArcMap) recaiu a função de gestão da informação alfanumérica, isto é, a gestão em base de dados da informação. Foi também no SIG que se desenvolveram rotinas periódicas de criação e actualização de mapas e a sua divulgação através de meios eficazes para proporcionar informação actualizada a toda a equipa.

Optou-se por divulgar a informação em Formato Portátil de Documento (pdf) porque permite realizar impressões de qualidade, ou visualizar a informação num qualquer computador sem necessidade de programas suplementares.

Assim sendo, foi necessária uma ligação entre o CAD e o SIG para assegurar esses pressupostos implicando um primeiro passo de conversão de linhas CAD em polígonos SIG e a atribuição de informação alfanumérica a cada polígono criado. A adopção e caracterização dum centróide (ver ponto 3.3) para cada entidade permitiram manter actualizada a informação correspondente de cada entidade independentemente da sua alteração de lugar. Por exemplo em cada polígono que represente um edifício deverá existir um centróide. Mesmo que os limites dum dado polígono sejam alterados, bastará que o seu centróide seja novamente deslocado para o seu interior. Foi ainda recomendado que a eliminação dum polígono devesse ser acompanhada pela remoção do seu centróide. A actualização periódica implicou por isso a actualização dos polígonos no CAD e a simultânea actualização dos seus centróides. Através deste automatismo foi impedido que um qualquer polígono existente, vazio de centróide, fosse importado para o SIG, garantindo-se a ligação entre CAD e SIG. Deste modo torna-se desnecessária qualquer alteração gráfica no SIG, apenas se trabalhando a informação alfanumérica através de pontos (centróides).

### 3.9.3 Polilinhas CAD para polígonos SIG

Para o desenho de polígonos no AutoCAD, por exemplo para desenhar os limites de uma parcela de terreno, ou um edifício, optou-se por desenhar Polilinhas e não foram usados polígonos. O objectivo foi de simplificar o processo de desenho e diminuir eventuais constrangimentos de importação para o SIG. No ArcMap, foi possível converter as polilinhas fechadas do CAD em polígonos SIG com base na informação contida nos pontos SIG (centróides) através da rotina "CAD lines to polygon features", tornando-se assim desnecessária a criação de polígonos no

AutoCAD. Este aspecto pode parecer à primeira vista como trivial mas é um dos exemplos da necessidade de adopção de procedimentos, os quais terão de ser respeitados, para que a actualização da informação gráfica se processe sem constrangimentos. Além do mais, facilita também o trabalho de quem produz cartografia.

Considerando os limites dos polígonos do CAD foram criados no SIG pontos (centróides) com a informação alfanumérica correspondente. Este procedimento permitiu que toda a informação alfanumérica tivesse sido apenas preenchida nos pontos SIG permitindo a criação ou actualização da informação dos polígonos SIG. Na Tabela 2 apresenta-se um extracto dos centróides utilizados para o edificado do campus.

Através duma rotina de actualização da informação, disponibilizou-se semanalmente a informação gráfica e alfanumérica mais recente do projecto POCCAMPUS. A disseminação dos mapas pela equipa do POCCAMPUS foi feita por mapas em pdf para impressão em formato A3 ou outro. Prevê-se em trabalhos futuros a disseminação através de ferramentas de WEBSIG (ArcGis.com/Explorer, Bing Maps, Google Earth, entre outros).

**Tabela 2 – Porção da tabela dos centróides da tipologia = Edificado**

COD_COS	DESIG_COS	TIPOLOGIA	TOPONIMIA	X_UTM	Y_UTM	LAT_DEC	LON_DEC
1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado	ESE	685334	4629300	41.79391	-6.76939
1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado	Edifício das Estufas	685949	4629608	41.79654	-6.76190
1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado	ESTUFA 1	685946	4629626	41.79670	-6.76193
1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado	ESTUFA 2	685944	4629637	41.79680	-6.76194
1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado	Capela de Sta Apolónia	685640	4629642	41.79692	-6.76560

### 3.9.4 Estrutura parcelar

Tendo em consideração ao que já foi referido atrás relativamente aos centróides, e sobretudo no que se refere aos polígonos, estes quando fechados, deverão ser organizados por temas. Por exemplo, foram considerados os seguintes temas no SIG: Vias de comunicação (PointVias, PolyVias), Limites hidrográficos (PointHidro, PolyHidro), Edificado (PointEdif, PolyEdif) e Parcelário (PointParc, PolyParc). Se à primeira vista fizesse mais sentido que as vias de comunicação fossem uma estrutura linear, foi no entanto criada também como uma estrutura parcelar porque os limites das vias não são homogéneos, isto é, nem sempre a faixa de rodagem duma via tem sempre a mesma largura. O mesmo se poderia discutir em relação aos cursos de água, que também se assumiu assim como sendo uma parcela cujos limites retractam as margens do mesmo.

Enquanto no SIG o sistema parcelar pode ser organizado por temas através de informação alfanumérica, já no CAD esse procedimento tem de ser efectuado por outro processo, normalmente por níveis ou cor ou espessura ou outra qualquer característica de desenho.

No CAD foram utilizados níveis (Layers) distintos para cada tema, conforme se pode consultar na Tabela 3 e Figura 11.

Esse procedimento permitiu depois no SIG filtrar um tema pretendido e inserir um centróide (coluna ARCMAP PONTOS da Tabela 3). Este centróide tem forçosamente de estar contido pelo polígono que lhe diz respeito. A informação alfanumérica a introduzir em cada centróide já foi previamente estruturada. Quando se insere um centróide, é solicitado o preenchimento da informação alfanumérica. Essa informação transitará depois para o polígono no SIG (Figura 12).

Por exemplo, na criação dos polígonos correspondentes a vias de comunicação, foi utilizado no AutoCad a Layer “jpmc\_CAMINHOS” e que no ArcMAP foram as layers “PointVias” (centróides) e “PolyVias” (polígono).

Tabela 3 – Correspondência Layer CAD para ArcMAP (pontos/centróides e polígonos)

TEMA	AUTOCAD LAYER	ARCMAP PONTOS (centróides)	ARCMAP POLÍGONO (parcelário)
Vias de comunicação	jpmc_CAMINHOS	PointVias	PolyVias
Parcelário	jpmc_BORDADURAS	PointParc	PolyParc
Limites hidrográficos	jpmc_LIMITES_DE_AGUA	PointHidro	PolyHidro
Edificado	jpmc_EDIFICIOS	PointEdif	PolyEdif

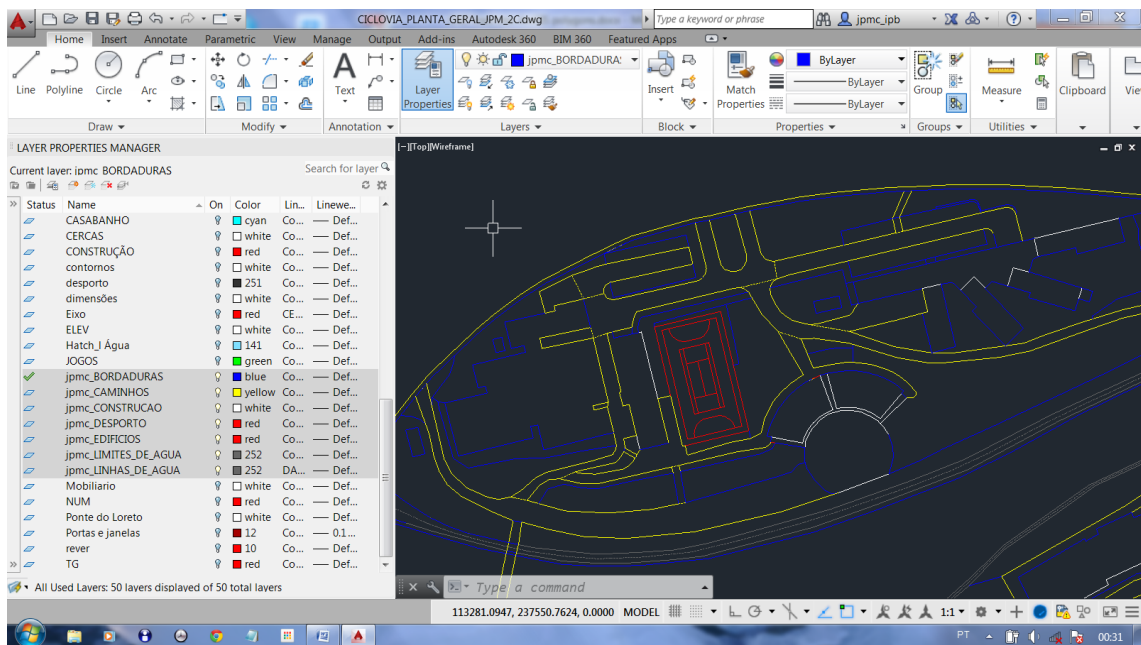


Figura 11 – Desenho CAD organizado por Layers; estão seleccionadas as camadas com interesse para o POCCAMPUS

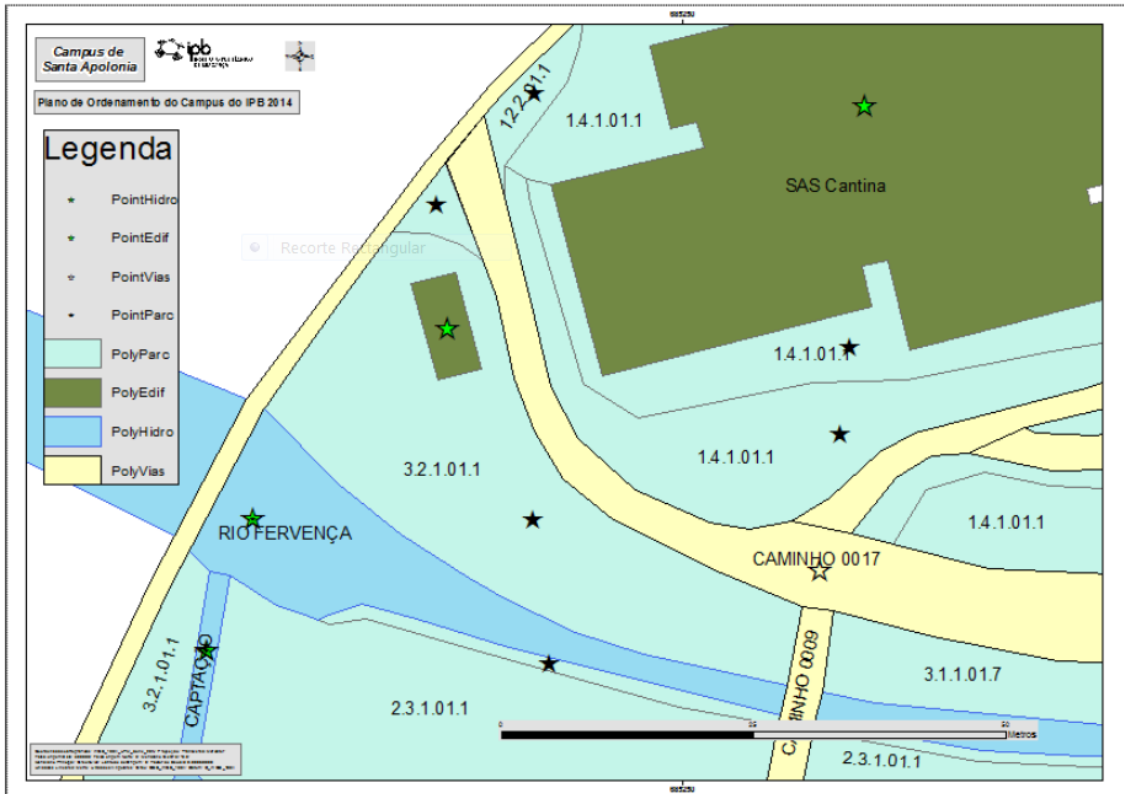


Figura 12 – Extracto do mapa do POCCAMPUS onde se evidenciam os centróides (pontos) e as parcelas correspondentes (polígonos)

### 3.9.5 Criação de centróides

Tal como se referiu em 3.4, todos os fenómenos de representação cartográfica (pontos, linhas e polígonos) possuem um centro geométrico, que se designa por centróide, e pode ser automaticamente encontrado. Por sua vez, a cada centróide criado no SIG é-lhe atribuído um geocódigo.

Foi criada manualmente uma geocodificação semelhante a cada um dos objectos importados do CAD permitindo assim a ligação directa entre o centróide e o objecto importado através desse geocódigo, sendo exemplificado neste caso para um polígono.

O procedimento de criação de centróides começou pela importação das polilinhas CAD para SIG (ver Figura 13, esquerda), seguido da filtração das camadas CAD, neste caso todas as polilinhas com CAD Layer iniciada por “jpmc”, por exemplo, “Layer name = jpmc\_BORDADURAS” (ver Figura 13, direita). O resultado da importação apresenta-se na Figura 14.

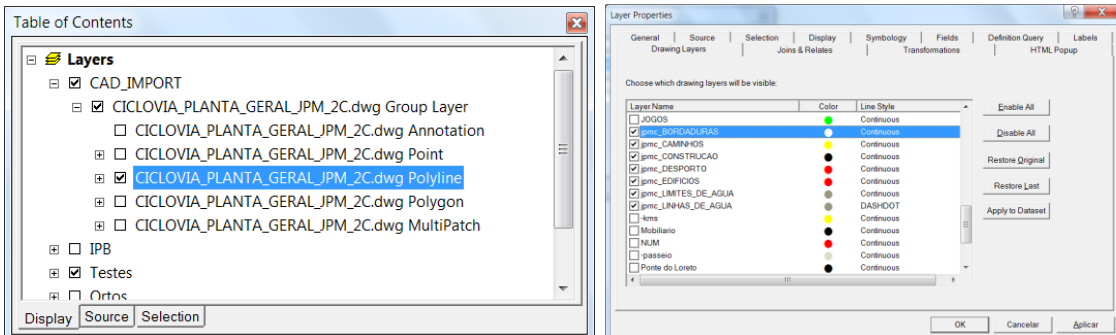


Figura 13 – Selecção de polilinhas e filtração por Layers CAD



Figura 14 – Visualização no ArcMap da importação AutoCAD

Depois de importados os polígonos do CAD para o SIG é possível determinar o centróide de cada geometria de forma automática através da ferramenta “*Feature To Point*”. No entanto, com formas complexas de polilinhas ou polígonos é necessário instruir o sistema para forçar a localização do centróide dentro do polígono. O processo de criação dos centróides também pode ser feito manualmente. O operador SIG terá de optar pela forma mais confortável consoante cada projecto. Neste caso, optou-se numa primeira fase pela criação dos centróides manualmente, identificando cada polígono fechado e inserindo no seu interior um ponto (centróide), e introduzindo também manualmente a informação alfanumérica associada por tipologia.

Na Figura 15 apresenta-se o procedimento de introdução e classificação dos centróides relativos ao parcelário. Na mesma figura observa-se que um dos centróides está seleccionado e que corresponde a uma tipologia “PARQUES E JARDINS Relvados Arborizados”, classificada na Cartografia de Uso e Ocupação do Solo (COS) por “Parques e jardins” com uma codificação “1.4.1.01.1”. [21]

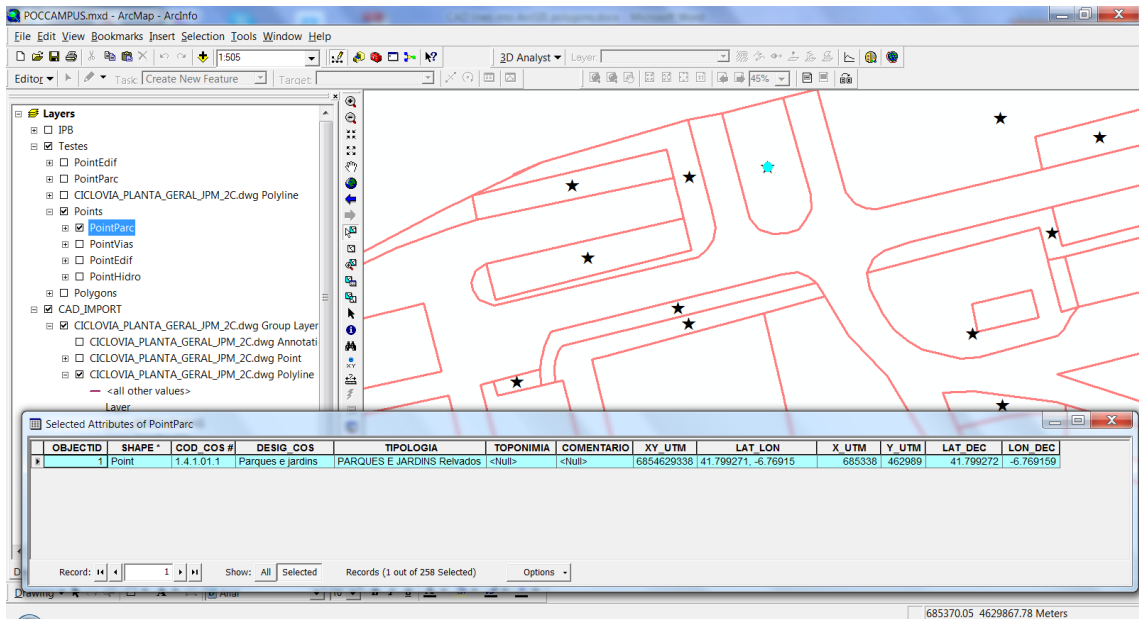


Figura 15 – Centróides de Parcelário (PointParc)

Na Figura 16 repete-se o procedimento para os limites das vias de comunicação, correspondendo agora a uma tipologia “BECO”, classificada na Cartografia de Uso e Ocupação do Solo (COS) por “Rede viária e espaços associados” com uma codificação “1.2.2.01.1”.

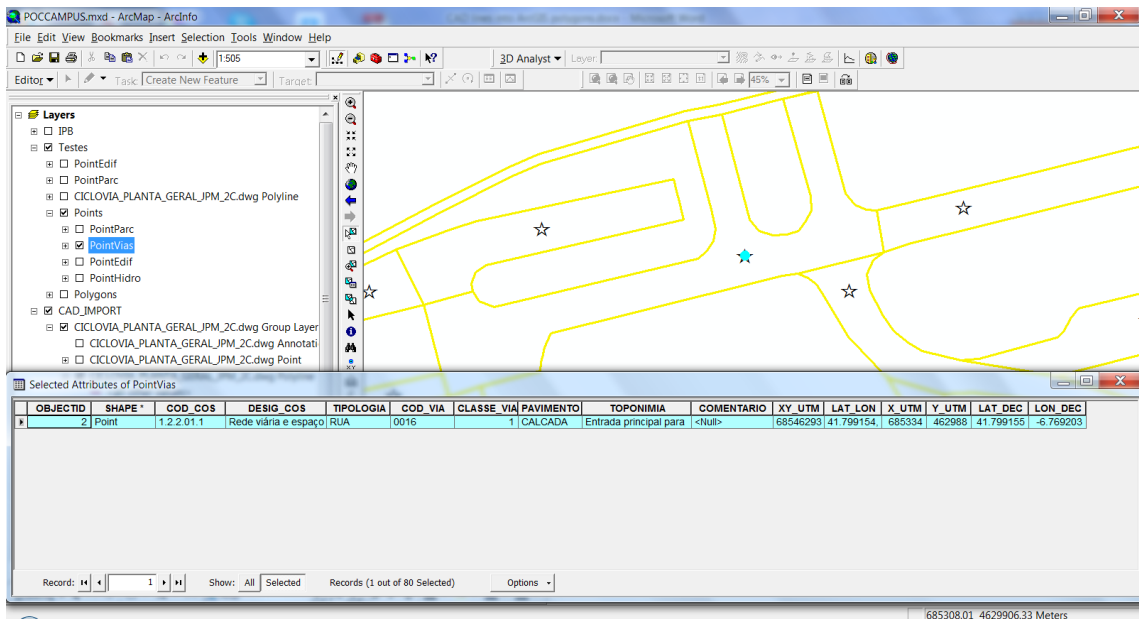


Figura 16 – Centróides de Vias de comunicação (PointVias)

Na Figura 17 repete-se o procedimento para os limites do edificado, correspondendo agora a uma tipologia “Edificado”, classificada na Cartografia de Uso e Ocupação do Solo (COS) por “Equipamentos públicos e privados” com uma codificação “1.2.1.4.1”.

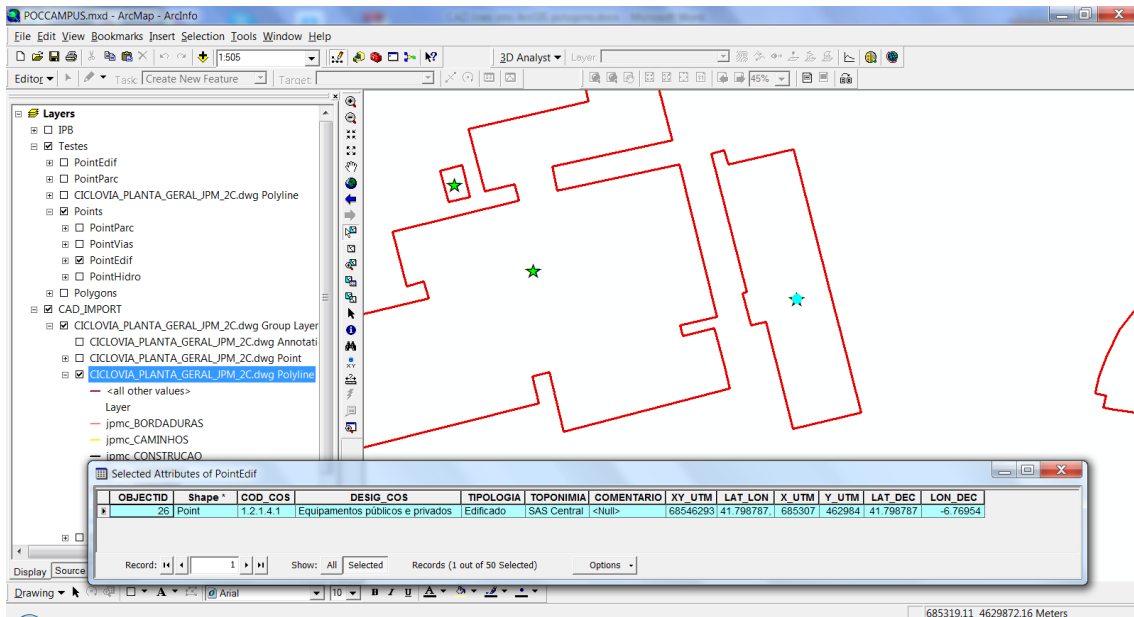


Figura 17 – Centróides de edificado (PointEdif)

Na Figura 18 repete-se o procedimento para os limites hidrográficos, correspondendo agora a uma tipologia “Rio”, classificada na Cartografia de Uso e Ocupação do Solo (COS) por “Cursos de água naturais” com uma codificação “5.1.1.01.1”.

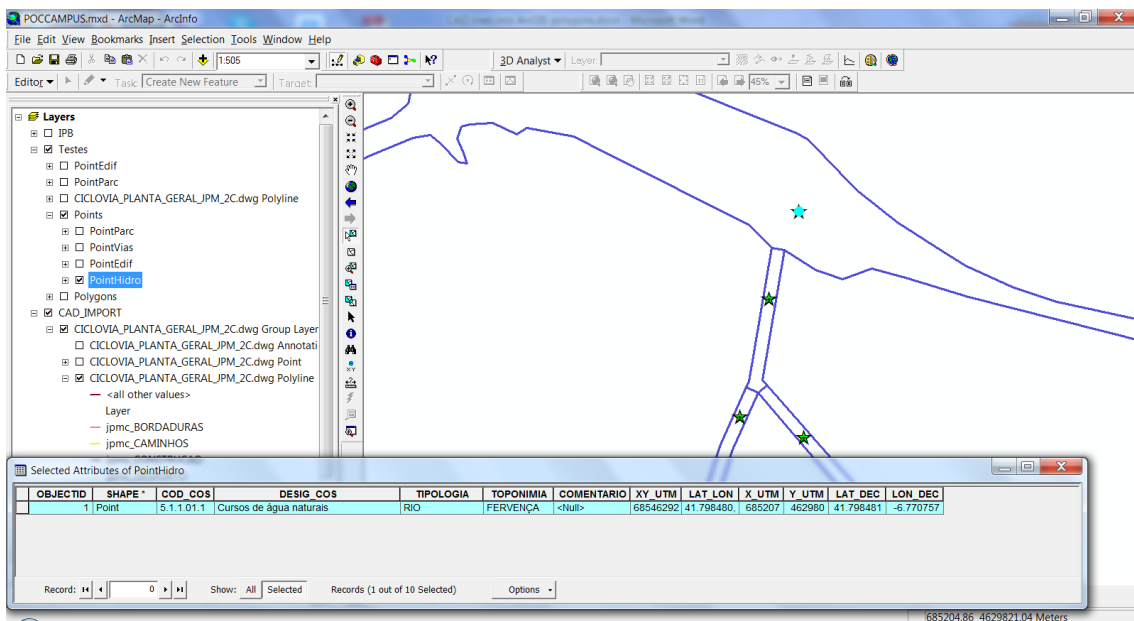


Figura 18 – Centróides de Limites hidrográficos (PointHidro)

### 3.9.6 Conversão de linhas CAD em polígonos

Nos pontos anteriores explicou-se como visualizar as polilinhas CAD no SIG sem alterar qualquer geometria (modo de leitura – “Read Only”). No presente ponto explica-se como importar para o SIG com possibilidade de edição. Para isso tivemos de criar os centróides correspondentes e seguidamente realizou-se a conversão das polilinhas CAD em polígonos SIG através da rotina “CAD lines to polygon features”. Apresenta-se na Figura 19 o aspecto dos campos requeridos para a conversão polilinhas CAD em polígonos SIG e na Figura 20 os campos devidamente preenchidos para a criação do “Edificado”. Na Figura 21, o Relatório da criação dos polígonos.

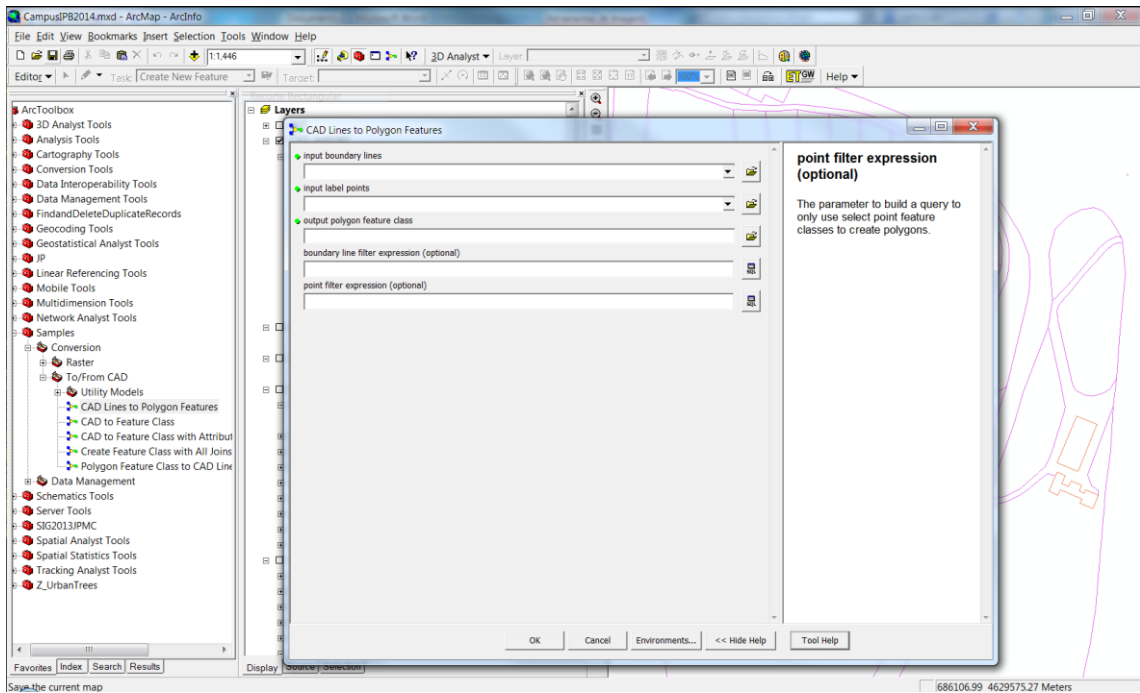


Figura 19 – ArcToolbox, Samples, CAD lines to Polygon Features

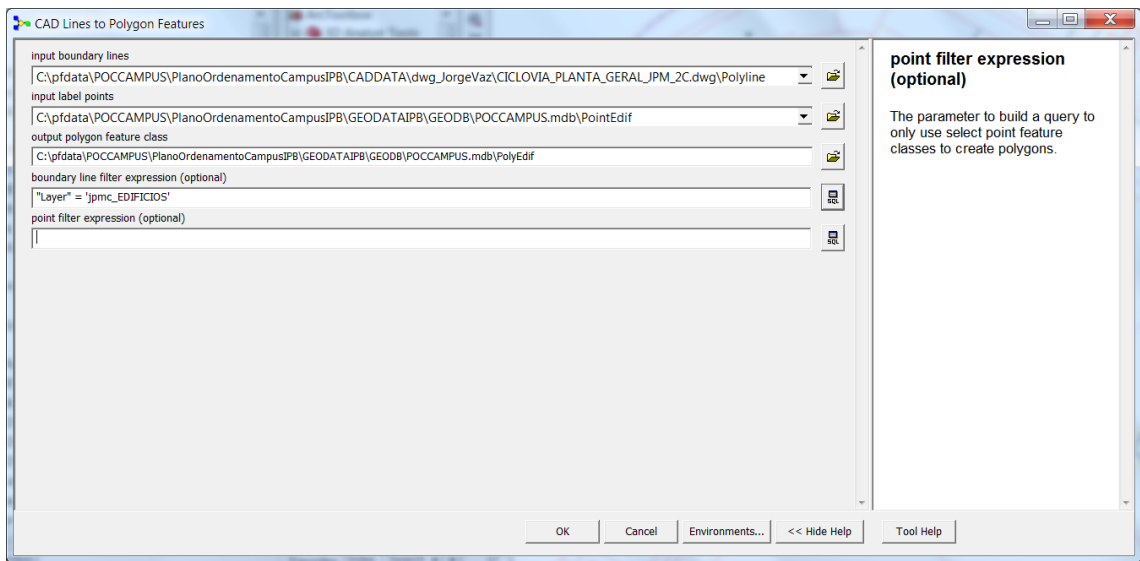


Figura 20 – Criação dos polígonos de edificação usando as linhas CAD dos edifícios e os centróides

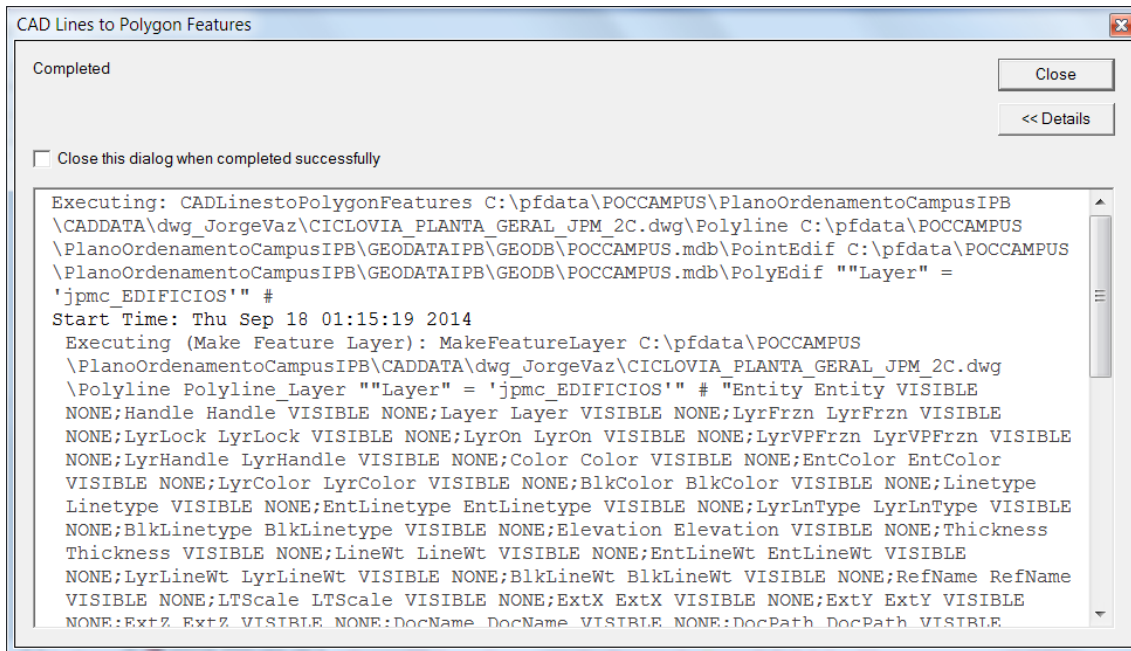


Figura 21 – Relatório da criação dos polígonos

Todos os polígonos foram criados, alguns dos quais com todos os campos da tabela de atributos preenchida (Figura 22). Os registos sem informação nesses campos correspondem a limites sem correspondência de centróides. Esses registos deverão agora ser eliminados. A operação de limpeza necessita da entrada em modo de edição e selecção por atributos de todos os registos sem dados no campo COD\_COS. O Filtro SQL é apresentado na Figura 23:

SELECT \* FROM PolyEdif WHERE: [COD\_COS] = ""

Na Figura 24 podemos ver já seleccionados os Registos para eliminar (sem correspondência com centróides). Na Figura 25 é mostrada a selecção da informação para edição. Teremos de escolher a ShapeFile ou GeoDataBase que contenha a tabela pretendida (neste caso a que contém a "Feature PolyEdif". Após a eliminação dos registos deveremos gravar as edições e sair do modo de edição.

OBJECTID	Shape	COD_COS	DESIG_COS	TIPOLOGIA
1	Polygon Z			
2	Polygon Z			
3	Polygon Z			
4	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
5	Polygon Z	1.2.1.5.2	Infra-estruturas de produção de energia não renovável	Infraestruturas
6	Polygon Z	1.2.1.3.3	Instalações agrícolas	bombagem de água e outros
7	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
8	Polygon Z			
9	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
10	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
11	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
12	Polygon Z			
13	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
14	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
15	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
16	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
17	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
18	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado

Figura 22 – Resultado da criação dos polígonos (forma tabular). Os polígonos sem correspondência com um centróide estão vazios

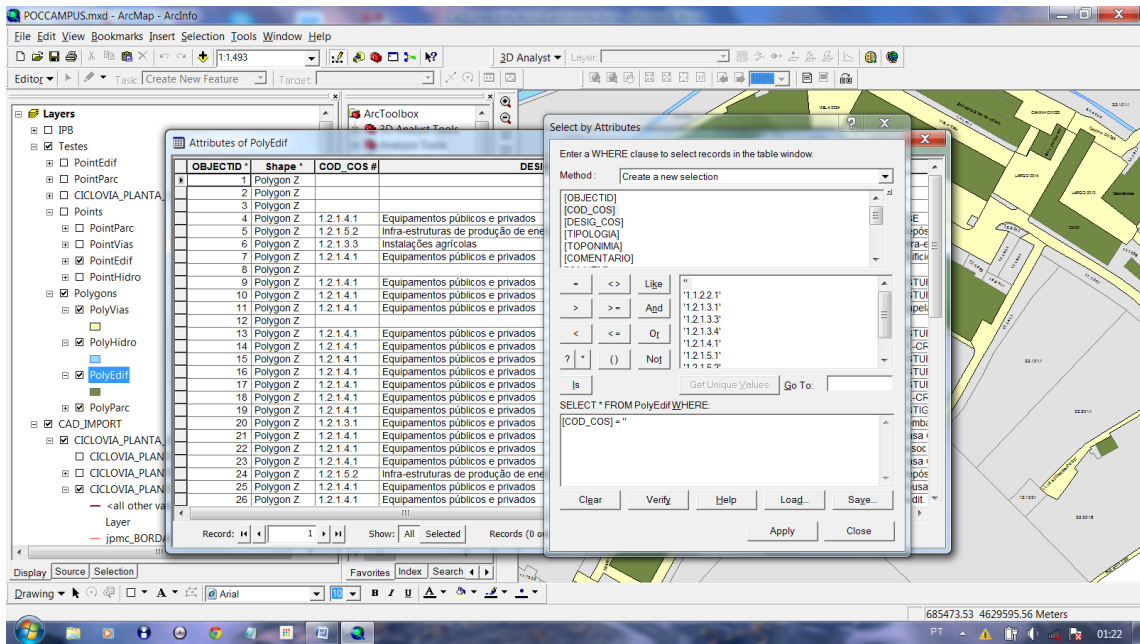


Figura 23 – Seleção por atributos dos registos nulos por filtro SQL

OBJECTID	Shape	COD_COS #	DESIG_COS	TIPOLOGIA
1	Polygon Z			
2	Polygon Z			
3	Polygon Z			
4	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
5	Polygon Z	1.2.1.5.2	Infra-estruturas de produção de energia não renovável	Infraestruturas
6	Polygon Z	1.2.1.3.3	Instalações agrícolas	bombagem de água e outros
7	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
8	Polygon Z			
9	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
10	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
11	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
12	Polygon Z			
13	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
14	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
15	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
16	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
17	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
18	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
19	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
20	Polygon Z	1.2.1.3.1	Equipamentos públicos e privados	Instalações agrícolas
21	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
22	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
23	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
24	Polygon Z	1.2.1.5.2	Infra-estruturas de produção de energia não renovável	Infraestruturas
25	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado
26	Polygon Z	1.2.1.4.1	Equipamentos públicos e privados	Edificado

Figura 24 – Registos para eliminar (sem correspondência com centróides)

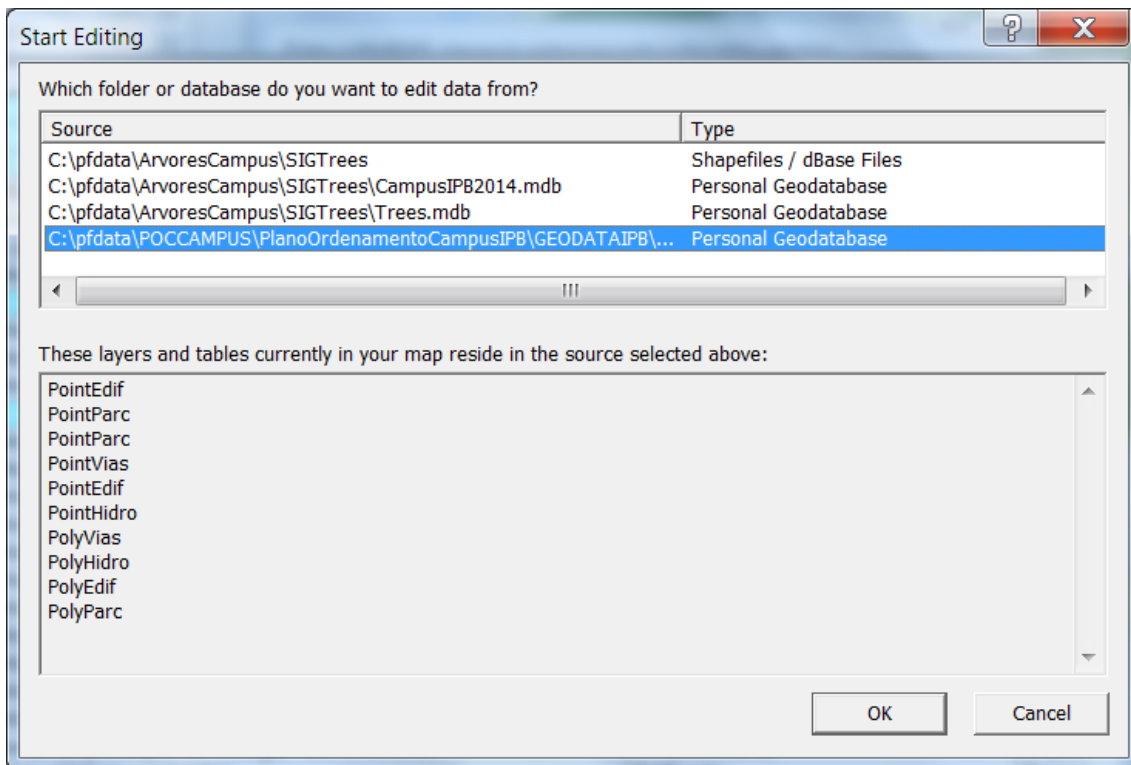


Figura 25 – Selecção da informação para edição

Depois de apagados todos os registos sem correspondência com centróides, para cada uma das Layers do projecto, o resultado final será conforme o apresentado na Figura 26, que ilustra um extracto do Mapa temático no ArcMap após importação CAD e actualização da GeoDataBase.

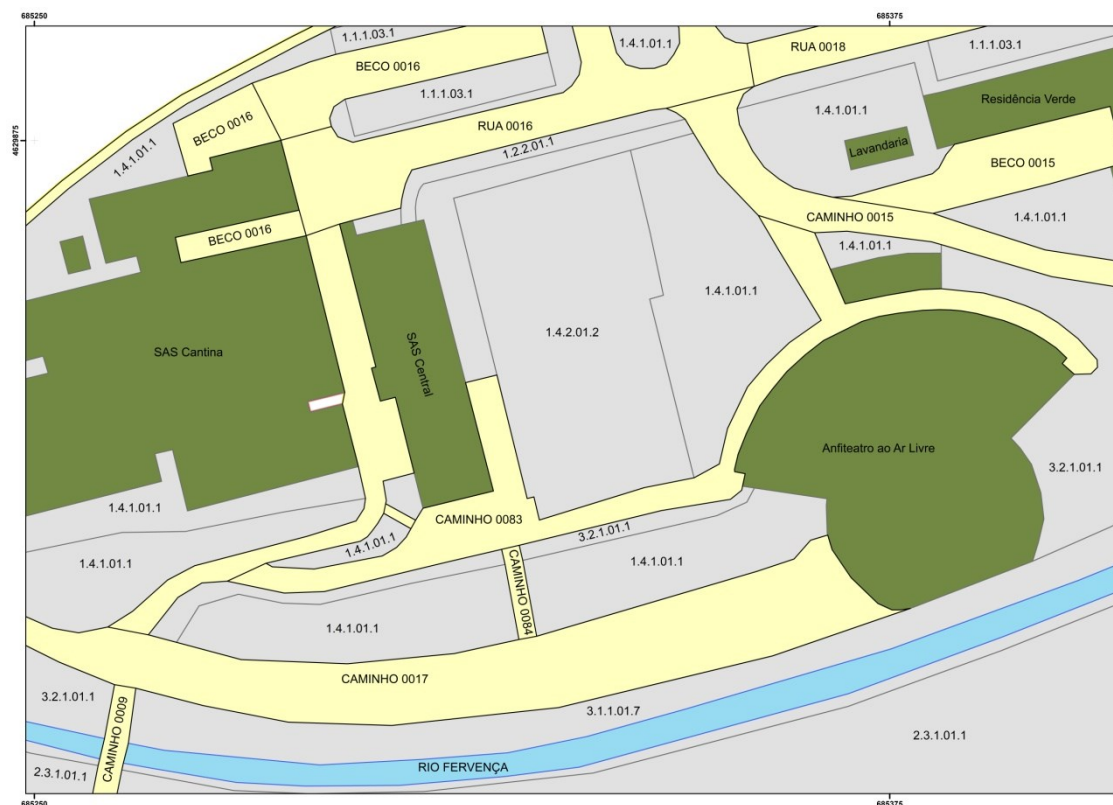


Figura 26 – Mapa temático no ArcMap após importação CAD e actualização da GeoDataBase

## 3.10 Integração com dados obtidos por receptor GPS

### 3.10.1 Introdução

A navegação por satélite ou SAT NAV SYSTEM é um sistema de satélites que fornecem o posicionamento geoespacial autónomo com cobertura global. Ele permite a determinação instantânea duma localização (longitude, latitude e altitude) através de pequenos receptores electrónicos de alta precisão, usando sinais horários transmitidos via rádio por satélites. Os sinais transmitidos também permitem calcular a hora local actual com alta precisão, permitindo a sincronização de tempo. Um sistema de navegação por satélite com cobertura global pode designar-se por Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) (do inglês: “Global Navigation Satellite System”).

Inicialmente os GNSS foram desenvolvidos para fins militares. Posteriormente, foram reconhecidas inúmeras possibilidades de uso civil: posicionamento em sistemas de navegação terrestre, marítima e aérea, agricultura de precisão, etc. Os sistemas GNSS mais conhecidos são o Sistema de Posicionamento Global (NAVSTAR/GPS ou apenas GPS) (do inglês: “*Global Positioning System*”), o GLONASS, o COMPASS, e o GALILEO. Este último é o único que foi concebido desde o início como um projecto civil, em oposição ao GPS americano, ao GLONASS russo e ao COMPASS chinês que são de origem militar. Apenas dispusemos neste trabalho da tecnologia GPS. [32] [31] [29] [30].

O IPB cedeu para uso no POCCAMPUS receptores GPS de tecnologia Trimble para levantamentos de campo. Foi utilizado neste trabalho o receptor GPS Trimble GeoXT, de precisão geométrica de 50 cm. Foi também usada para correcção diferencial dos dados a estação base de referência do IPB. (Figura 27) [27].



**Figura 27 - Receptor GPS Trimble GeoXT: Sistema Operativo Microsoft Windows Mobile para Pocket PC e software TerraSync (esquerda). Antena da estação base de referência do IPB: Receptor: Trimble Pathfinder Pro XR. Software: TRS – Trimble Reference Station (direita)**

No POCCAMPUS usámos o receptor GPS Trimble GeoXT para a actualização do inventário das árvores ornamentais do Campus do IPB, para o levantamento das tampas das caixas de visita das redes subterrâneas (saneamento, pluviais, electricidade, etc.), e outros eventos menos frequentes. Foi construída uma base de dados geográfica (GeoDataBase) no ArcMap mediante a recolha da informação no campo com um receptor.

O sistema GPS Trimble GeoXT implicou a instalação no PC de software dedicado. Esse software permitiu gerir a informação entre o terreno e o SIG de forma biunívoca:

- Software do aparelho GPS Trimble GeoXT: sistema Operativo Microsoft Windows Mobile para Pocket PC e software TerraSync.

- Software PC: Windows 7, Windows Mobile Device Center, ArcMap 9.3, GPS PathFinder Office v5.65 da Trimble© e Microsoft Access 2010.

### 3.10.2 Projecto GPS PathFinder Office

O programa GPS PathFinder Office permitiu gerir os dados recolhidos no GPS e realizar as operações de permuta de dados entre o SIG e o GPS. Desenvolveram-se “dicionários de dados” que foram transferidos para o GPS para o registo de posicionamentos dos fenómenos geográficos pretendidos, e com uma estrutura de informação alfanumérica coerente com o SIG.

Os “dicionários de dados” (ficheiros de extensão ddf) são uma ajuda muito grande no preenchimento dos dados alfanuméricos. Funcionam como um formulário onde o preenchimento dos campos é feito através da escolha numa lista, sem ambiguidades, sendo depois a actualização da base de dados no SIG muito simplificada. Há no entanto algumas contrariedades na interpretação de caracteres especiais (á, ç, ã, etc.), sobretudo na exportação dos dados entre programas. Optou-se por usar palavras sem esses caracteres.

Para a gestão das infra-estruturas e luminária do IPB, foi criado um dicionário de dados com o nome “POCCAMPUSIPBINVENTAR.ddf”.

Para a gestão do Parque Arbóreo do IPB, foi criado um dicionário de dados com o nome “TreesTbl.ddf”. O dicionário “TreesTbl.ddf” permitiu que a recolha e actualização da informação das árvores a inventariar tivessem sido feitas de forma sistematizada com o aparelho GPS Trimble Geo XT. Aplicou-se o sistema de coordenadas Hayford Gauss Militares Datum de Lisboa.

Com o sistema implementado foi possível realizar; a) recolha de novos registos; b) actualizar registos.

#### 3.10.2.1 Recolha de novos registos

Os ficheiros criados (registo de novas árvores, por exemplo) foram inicialmente de extensão SSF, transformados em extensão COR, após correcção diferencial, e exportados para extensão SHP. Finalmente foi actualizada a GeoDataBase (extensão MDB).

Para o inventário das árvores, a maioria do levantamento de campo foi de actualização de registos porque esse inventário já vinha sendo feito desde 2007. Para as árvores, apenas as novas plantações foram novos registos. O levantamento dos restantes elementos teve de se realizar a partir do zero, como as tampas das caixas de visita das redes subterrâneas.

Para os novos registos, o posicionamento geográfico foi encontrado pelo receptor GPS com uma precisão geométrica de 50 cm, após correcção diferencial dos dados, conforme se referiu. No caso dos locais muito próximos de muros ou outras barreiras ao sinal dos satélites NAVSTAR, foi recolhida informação adicional sobre a distância em relação a essas barreiras. Mais tarde, com essa informação adicional ajustou-se manualmente no SIG o correcto posicionamento. Por essa razão se optou por iniciar esta tarefa apenas após o desenho dos limites do edificado e das restantes bordaduras.

A Recolha de novos registos seguiu os seguintes passos:

- ✦ no GPS PathFinder Office: construção do dicionário de dados (formato \*.ddf); transferência do dicionário para o receptor GPS (Ver Figura 28)
- ✦ no receptor GPS Trimble Geo XT: posicionamento e recolha dos dados (Ver Figura 29)
- ✦ no GPS PathFinder Office: importação de dados (formato \*.ssf); correcção diferencial (\*.ssf para \*.cor); definição de sistema de coordenadas; exportação para ShapeFile (\*.cor para \*.shp) (Ver Figura 30)
- ✦ no SIG – ArcMap: criação de base de dados SIG em formato GeoDataBase (\*.mdb); adição de novos registos na GeoDataBase (rotina “append”) (Ver Figura 31)

- ✦ no MSAccess: desenvolvimento duma aplicação para gestão da informação (a desenvolver adiante)

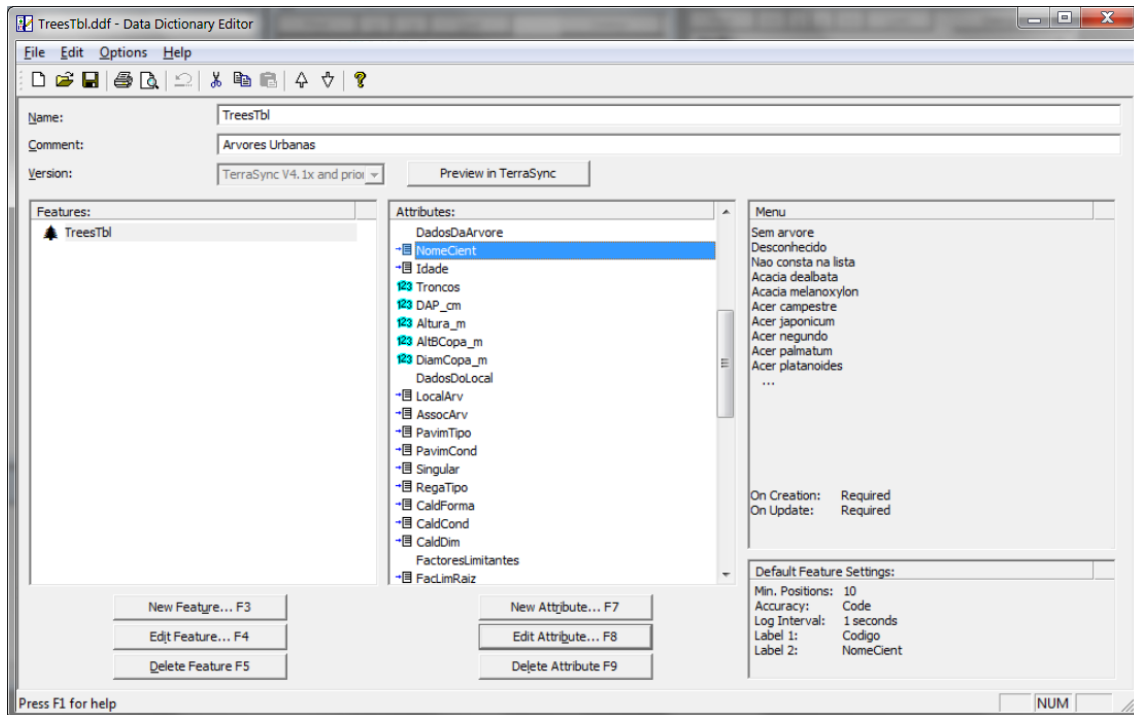


Figura 28 – Construção do dicionário de dados (TreesTbl.ddf) para gestão do parque arbóreo do Campus do IPB (GPS Pathfinder Office v5.65)

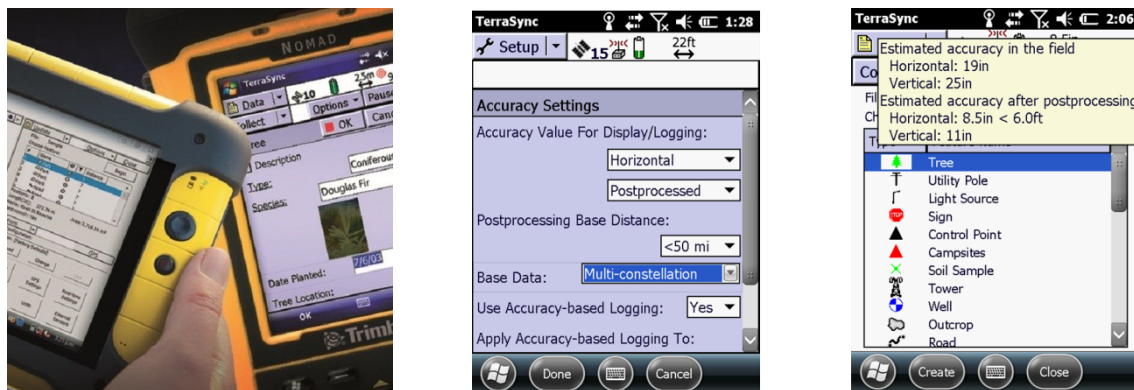


Figura 29 – Alguns screenshots do terrasync (fonte: <http://goo.gl/kzUTaU>)

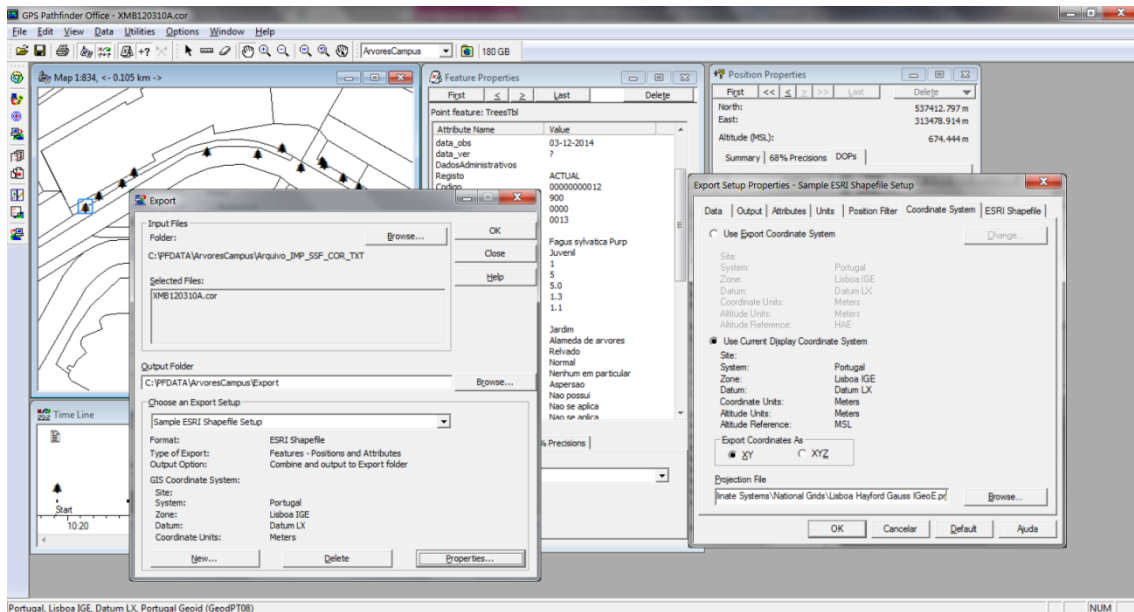


Figura 30 – Resultado do levantamento de 13 árvores no dia 03-12-2014, após correcção diferencial (GPS Pathfinder Office v5.65)

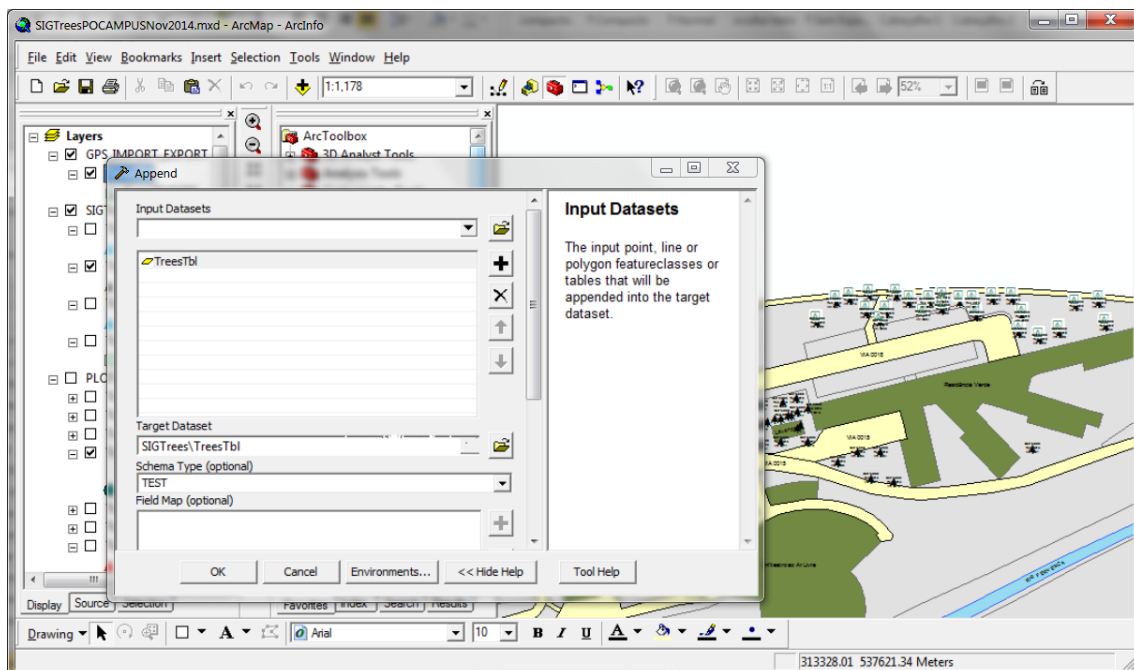


Figura 31 – Adição de novos registos na GeoDataBase (SIG ArcMap “APPEND”)

### 3.10.2.2 Actualização de registos

A actualização dos dados numa GeoDataBase do ArcMap com o receptor GPS Trimble obedeceu a algumas rotinas de exportação e importação entre dispositivos. Por exemplo, a actualização dos dados SIG das árvores do IPB seguiu os seguintes procedimentos:

- 🌲 no ArcMap: selecção de indivíduos para actualização da GeoDataBase; exportação para ShapeFile (\*.MDB para formato \*.SHP) (ver Figura 32)
- 🌲 no GPS Pathfinder Office: importação (\*.SHP para formato \*.IMP); transferência de dados para o receptor GPS Trimble (ver Figura 33)

- 🌲 no receptor GPS Trimble: actualização no campo. Após actualização de campo, os ficheiros IMP são transformados em SSF, mantendo-se no entanto o mesmo nome.
- 🌲 no GPS PathFinder Office: transferência de dados do receptor GPS Trimble para o PC; importação SSF para formato SHP;
- 🌲 no SIG ArcMap: actualização da GeoDataBase (rotina “append”) (Figura 31)
- 🌲 no MSAccess: actualização automática de campos da tabela (a explicar abaixo no ponto 1)

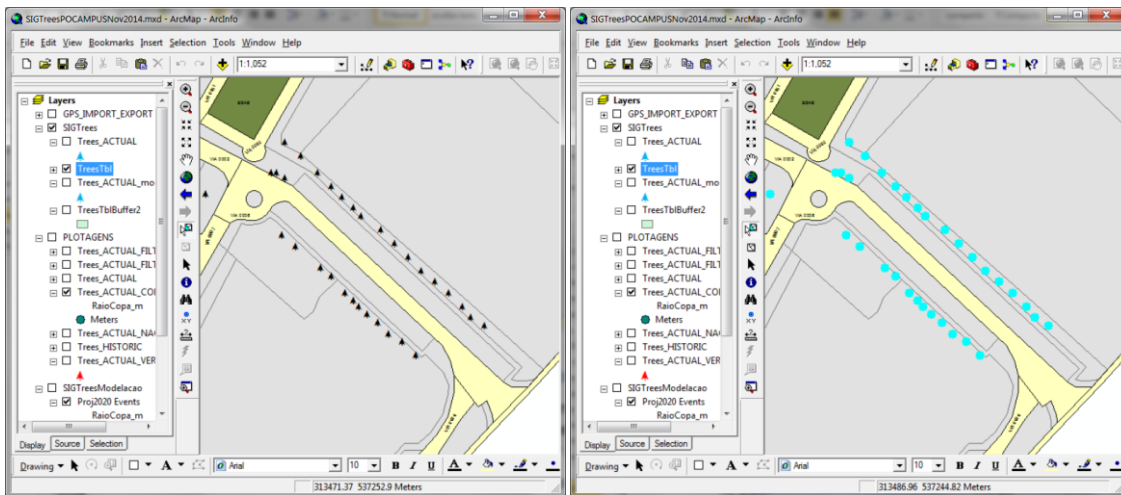


Figura 32 – Seleção no ArcMap de indivíduos para actualização da GeoDataBase

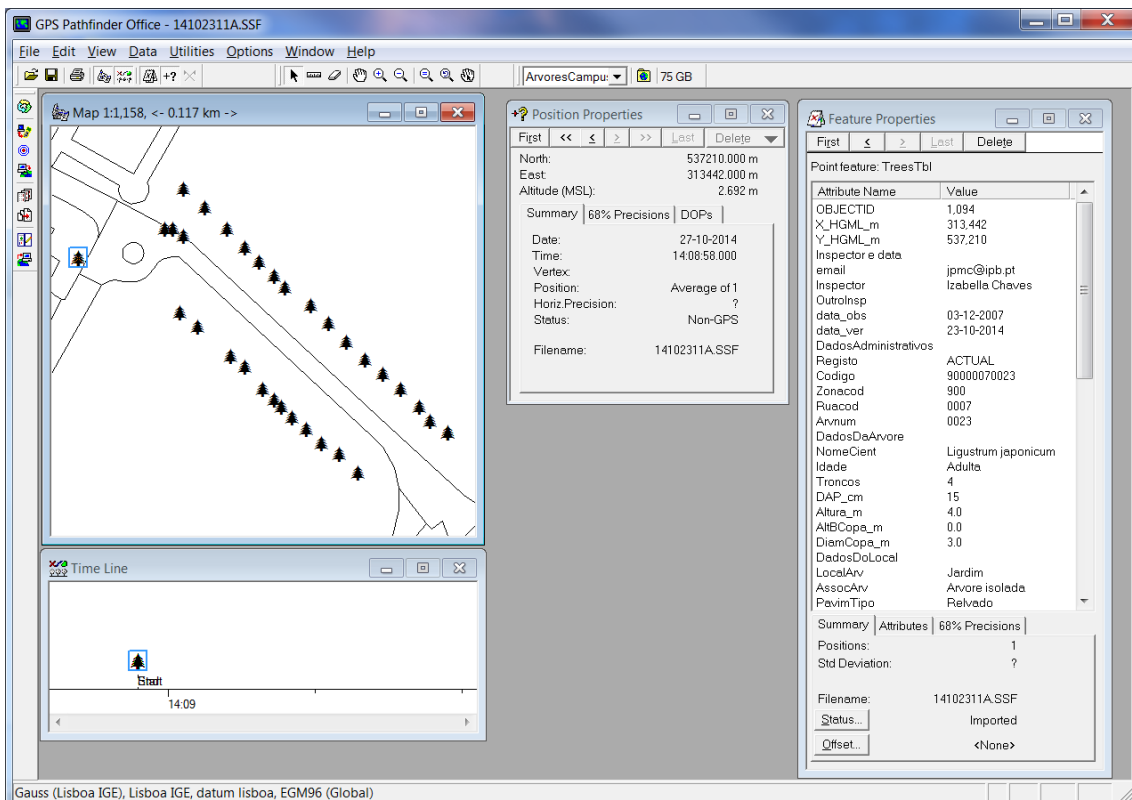


Figura 33 – Importação de indivíduos (\*.SHP) para GPS PathFinder Office (\*.IMP). Foram colocados como pano de fundo (“Background”) os limites vectoriais mais importantes para facilitar a navegação e identificação de cada uma das árvores a actualizar.

### 3.11 Integração dos dados numa base de dados relacional

A utilização das bases de dados relacionais para gestão de informação é um assunto que não carece de grande explicação neste trabalho porque é um tema já bastante comum. No entanto, existem muitos locais na Internet onde o leitor mais curioso poderá obter informações mais ou menos detalhadas consoante a necessidade. No presente trabalho foi escolhida a base de dados relacional MSAccess [66] que integra o Microsoft Office Professional Plus 2010 [68] para o qual obtivemos licenciamento.

A escolha recaiu sobre esta base de dados pelas seguintes razões: a) questão do licenciamento que dispúnhamos (software MSAccess, ArcMap), b) possibilidade de se aceder directamente a uma GeoDataBase do ArcMap através do MSAccess, c) possibilidade de produção de consultas, relatórios e formulários através do MSAccess com maior sofisticação e segurança, d) possibilidade de programação básica para rotinas muito úteis de gestão de bases de dados não possíveis noutros programas usados como o ArcMap.

Para o POCCAMPUS foram criadas várias GeoDataBases no ArcMap. No entanto, foi para a gestão das árvores do Campus do IPB que se apostou mais nas potencialidades do MSAccess. Justificou-se isso por ter sido a única tarefa que nos propusemos realizar a qual já tinha uma continuidade de trabalhos realizados anteriormente. Propõe-se para trabalhos futuros que para as restantes aplicações sejam também criadas aplicações em MSAccess para uma correcta gestão dos restantes elementos (caixas de visita, luminária, etc.).

A informação das árvores foi recolhida numa única tabela: "TreesTbl". Esta tabela contém todos os registos das árvores desde 2007. Como forma de melhorar o mapeamento dos dados no SIG ArcMap, tornou-se apenas visível o último registo de cada árvore.

Foram criadas rotinas de processamento automático no arranque da GeoDataBase das árvores através do MSAccess, desenvolvidas em *Visual Basic for Applications* (VBA), que actualizam alguns dos campos da tabela "TreesTbl". (Ver Tabela 4). Implica por isso que após cada ciclo de actualização de registos se arranque a GeoDataBase das árvores através do MSAccess para actualização de todos os campos. Não foi possível criar esses automatismos através do SIG ArcMap. No entanto isso não constituiu grande preocupação porque foi também através desta aplicação que foram produzidos relatórios e consultas, com um teor de sofisticação muito acima dos possíveis de obter através do SIG ArcMap (ver com mais detalhe abaixo no ponto 4.1). É importante ressaltar que o MSAccess não serve para o posicionamento geográfico. Para isso utilizou-se o GPS e o SIG. Mas para a gestão da informação alfanumérica é, como se referiu, de grande utilidade.

**Tabela 4 – Actualização de campos da tabela através de código VBA no MSAccess (módulo "Autoexec")**

Código VBA	Comentário/acção
TreesTbl.FL_Class = CLng([FLGClass])+CLng([FLCClass])+CLng([FLRClass])	Factor Limitante global que equivale ao somatório dos Factores Limitantes parciais podendo assumir valores de 0 a 12
TreesTbl.Codigo = [Zonacod] & [Ruacod] & [Arvnum]	Código da árvore que resulta da concatenação dos códigos de Zona, de Rua e de numeração sequencial da árvore na rua. Por exemplo, Zona=900, Rua=0001, Nº da árvore=0001: Código da árvore=90000010001
TreesTbl.g = Round(3.1416/4*((TreesTbl)![DAP_cm]/100)^2,3)	Cálculo da área basal da árvore (g)
TreesTbl.v_cone = Round(3.1416/3*((TreesTbl)![DAP_cm]/100/2)^2*(TreesTbl)![Altura_m],3)	Cálculo do volume dum cone com as medidas da árvore DAP e altura total
TreesTbl.RaioCopa_m = Round((DiamCopa_m)/2,1)	É calculado o raio de copa com base no diâmetro de copa medido no campo.
TreesTbl.Novalnspec = IIf(Now()-[data_ver]>90,Now(),[data_ver]+90)	Estipula como data de nova inspecção, 90 dias após a última data de verificação
TreesTbl.Novalnspec = IIf([data_ver]+2*365<Now(),Now(),[data_ver]+2*365) WHERE (((TreesTbl.Registo)="ACTUAL") AND ((TreesTbl.Prioridade)="0"))	Estipula como data de nova inspecção, 2 anos após a última data de verificação, no caso da prioridade de intervenção ter sido classificada como não urgente (valor 0)
"UPDATE DISTINCTROW TreesTbl INNER JOIN MaxData_ver_GroupByCodigo ON (TreesTbl.data_ver = MaxData_ver_GroupByCodigo.MaxDedata_ver) AND (TreesTbl.Codigo = MaxData_ver_GroupByCodigo.Codigo) SET TreesTbl.Registo = "ACTUAL""	Atribui ao último registo a classificação de "ACTUAL" Na linha seguinte é atribuída a classificação de "HISTORIC" aos registos anteriores. Desta forma poderemos filtrar numa tabela/consulta apenas os actuais e esconder os históricos
"UPDATE DISTINCTROW TreesTbl INNER JOIN MaxData_ver_GroupByCodigo ON TreesTbl.Codigo = MaxData_ver_GroupByCodigo.Codigo SET TreesTbl.Registo = "HISTORIC" WHERE (((MaxData_ver_GroupByCodigo.MaxDedata_ver)<>(TreesTbl)![data_ver]));"	Atribui a classificação de "HISTORIC" aos registos anteriores do classificado como "ACTUAL" Desta forma é preservada a informação do histórico.



## 4 Tecnologias de iluminação de vias públicas e de espaços verdes

### 4.1 Introdução

A elevada taxa de crescimento populacional nas últimas décadas e conseqüentemente um aumento da densidade, leva a um planeamento urbanístico baseado na distribuição espacial em função da altitude, aproximando os edifícios mais uns dos outros, privando assim os pisos inferiores e becos da luz natural, causando problemas de saúde. Em consequência disto, há a necessidade de redireccionar a luz solar para esses pontos, aumentando assim os níveis de iluminação como também criando um ambiente mais saudável e sustentável. A facturação energética da iluminação pública em certos casos pode chegar aos 40% do seu total. Posto isto, a sustentabilidade é uma preocupação importante sendo conseguida pela redução de emissões de dióxido de carbono, utilizando fontes de energia sustentáveis substituindo as fontes tradicionais, como também, a utilização de equipamentos mais eficientes que permitam uma maior homogeneização de luz e o seu redireccionamento para pontos “negros” [61]. No mercado já existe uma gama de soluções completas que podem recorrer a painéis e tubos redireccionáveis a luminárias inteligentes com elevados índices de eficiência energética.

Conclui-se que a ideia actual é a promoção de critérios de iluminação tais como estéticos e funcionais que mais se adequam às diferentes diversidades estruturais encontradas nos espaços urbanos [7]

### 4.2 A iluminação urbana e sua importância

A iluminação urbana acompanha a evolução urbanística dos aglomerados citadinos ao longo de várias gerações, sendo estas construídas e iluminadas por diferentes ideologias e defendida por vários pensadores baseada na percepção intrínseca dos espaços temporais. Se a sua movimentação temporal for rápida, defendem uma iluminação intensa, confortável e segura, caso se baseie em evolução temporal lenta, cimentadas em economias pobres e deficitárias, abonam numa iluminação de subsistência [7].



Figura 34 - Vista noturna do espaço da baía de Tóquio [36]

Os espaços citadinos e pela sua heterogeneidade de usos dispersos, tais como avenidas e auto-estradas, bairros habitacionais, aeroportos, zonas de lazer, áreas de comércio e serviços, são caracterizados por diferentes velocidades de circulação e densidades de materiais [7].

A iluminação ambiente nocturna passa por definir determinados objectivos dependendo dos aspectos que se quer realçar. Passa essencialmente por incluir segurança a utentes nas ruas e avenidas, realçar espaços históricos ou espaços verdes, aumentar a visibilidade dos condutores e por conseguinte a segurança rodoviária, fomentar a prática de desportos em bosquetes urbanos, como também de melhoramento estético de determinadas zonas com vista a atrair consumidores aos comércios. Citando Benya (2004) [3] in Mascaró (2006) [7] “... a iluminação exterior oferece o único manto de segurança que cobre quase todos os tipos de propriedades e edifícios...”. Realça-se por isso a componente de bem-estar e segurança das pessoas. Com o dimensionamento correto, a iluminação pode ser utilizada num enorme número de situações, dependendo do objectivo a atingir.



Figura 35 - Praça citadina [60]

Com o aparecimento da iluminação pública barata, possibilitou a realização de actividades nos espaços públicos à noite que não era possível anteriormente [7].

Segundo *François Delarue*, director de urbanismo, de habitação e da construção, em França em 2003, no prefácio do livro “*Penser la ville par la lumière*” [12], chama a atenção para a necessidade de pensar na luz urbana na óptica da paisagem citadina, e mesmo como uma arte contemporânea. Afirmo ainda, ser necessário mobilizar o saber e a criatividade para criar condições para revelar a cidade à noite, criar elos entre os vários espaços urbanos de modo a ligar lugares e pessoas, através da facilidade de circulação na cidade, mudando comportamentos humanos, aumentando a segurança e reduzir a poluição luminosa [62].

### 4.3 Poluição luminosa

Poluição luminosa é uma forma de poluição ainda pouco estudada sendo definida como uma luz extrema direccionada em todos os sentidos, causando desperdícios energéticos, resultante do mau planeamento das luminárias que compõem os sistemas de iluminação. Uma luminária correta, direccionando a luz somente para o local a ser iluminado, evita desperdícios de luz e energéticos. Durante o dia também pode ocorrer poluição luminosa quando superfícies brilhantes e polidas das fachadas dos edifícios reflectem a luz solar direccionando e invadindo edifícios vizinhos causando incómodos no seu ambiente interior [60].

A partir da década de 60 do século XX, com o aumento exponencial da circulação rodoviária, a iluminação pública foi desenhada sem preocupações estéticas e sem componentes do espaço urbano que iluminava. Passou a existir uma iluminação uniforme mas pouco refinada para os utilizadores rodoviários, com projecção de sombras para os passeios, incompatibilidades entre a iluminação artificial, de edifícios e a pública, criando focos de poluição luminosa. Mais recentemente, a sociedade ficou mais sensibilizada para estas situações e também movida pela eficiência energética e sentido estético. Iniciaram-se programas de actualização da iluminação pública que numa primeira fase passou por renovações em centros históricos e nevrálgicos das cidades. Os novos processos de licenciamento seja de edifícios estatais ou outros, assim como das áreas envolventes, já possuem planos de raiz com propostas de equipamentos isentos ou com minimização do efeito da poluição luminosa e o ofuscamento, fornecendo uma melhor luz, mais distribuída e com aberturas de acção mais eficientes. O favorecimento estético dos postes e luminárias também foram factores tomados em conta.

Dos mais variados tipos de luminárias existentes no mercado e dos que até então têm sido utilizados de uma forma errada, são os postes tubulares retos com globos esféricos, direccionando os feixes de luz em todas as direcções, causando forte poluição luminosa. Está fortemente presente no Campus do IPB.



Figura 36 - Poluição luminosa [56]

Traçando segmento de recta do topo do candeeiro até à base do mesmo e tomando como um eixo de referência, admitindo que a linha horizontal faz com esta um ângulo de  $90^\circ$ , a luz emitida acima desta abertura nunca tocará no solo e aquela situada entre os  $70^\circ$  e os  $90^\circ$  atinge o solo a grandes distâncias mas com uma intensidade tão fraca que não ilumina convenientemente. Cerca de 50% dos candeeiros emitem luz com estas aberturas, havendo um enorme desperdício e pouca eficácia luminosa. A abertura ideal está abaixo dos  $70^\circ$ , toda ela direccionada para o solo, consegue iluminar a mesma área com lâmpadas de menor capacidade e poupar electricidade [56].

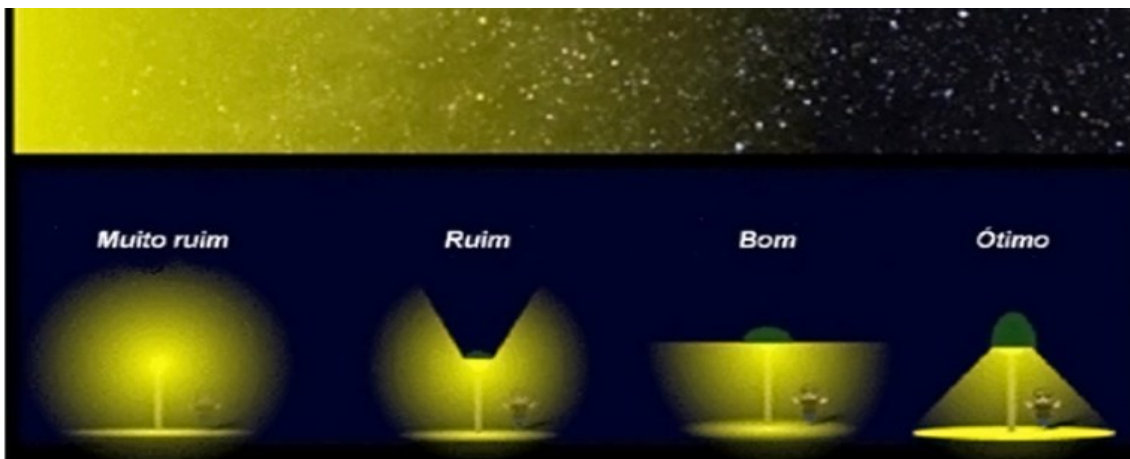


Figura 37 - Distribuição de luz em luminárias [60]

#### 4.4 Implicações da poluição luminosa

O reconhecimento de uma luminária causadora de poluição luminosa como regra básica prende-se com o facto de se poder visualizar a fonte geradora (lâmpada) a longas distâncias ou em pontos mais altos que ela. Acabam por se tornar incómodas, catalogadas como “*luz intrusa*” invadindo espaços privados e públicos criando desconforto visual.

A iluminação correta deve ter uma abertura horizontal, com a lâmpada oculta dentro da estrutura difusora e a uma altura específica para iluminar o espaço em questão.

Como consequências da poluição luminosa temos em vários sectores, tais como:

- Económico - consumo excessivo de combustíveis fósseis e outras fontes de energia;
- Social - a luz intrusa é causadora de fadiga, insónia, *stress*, e perturba as condições de sossego público; a intensidade exagerada nas vias rodoviárias produz cegueira temporária aos condutores;
- Científico - perturbações nos trabalhos da astronomia dificultando as visualizações nocturnas devido à difusão da luz na atmosfera;
- Ambiental - alteração de hábitos dos animais diurnos que podem beneficiar do prolongamento do horário “diurno”, mas principalmente os animais nocturnos que ficam privados de índices elevados de escuridão, podendo causar desorientação pela luz excessiva; o fotoperíodo é afectado e assim as plantas prolongam a fotossíntese.
- Saúde - a utilização de lâmpadas fluorescentes de mercúrio quando danificadas e o mercúrio ser inalado pelo Homem pode causar lesões no sistema nervoso. Se este for derramado no solo vai contaminá-lo, chegará aos recursos hídricos e alcançará a cadeia alimentar [56].

Há vários casos que exemplificam as consequências da poluição luminosa sob o meio ambiente, principalmente na avifauna. Recentemente nas ilhas canárias, uma espécie de ave migratória conhecida por *bobo-grande* (*Calonectris diomedea*), tem como percurso migratório as Canárias até a Argentina e devido à contaminação luminosa das construções junto à costa do mar, as crias são atraídas pela luz e como nunca viram o mar, confundem a luz com a linha branca das ondas do mar, dificultando o percurso migratório. Em vários pontos do globo que coincidam com rotas migratórias de aves, é obrigatório a apagar a luz ornamental a partir da meia-noite, reflectindo em melhorias significativas na qualidade ambiental das aves. [5]

## 4.5 Questões levantadas para um planeamento consistente de iluminação urbana

Há dois planos a ter em conta nas considerações do projecto de iluminação que são os planos horizontais tais como a iluminação das ruas e avenidas onde circulam viaturas, e os planos verticais que são ditados pela arquitectura urbana como os edifícios. Estes por sua vez, costumam ser tratados em forma separados, criando assim conflitos. Partindo do princípio que o planeamento tem por base a condição humana, deve incidir na psicologia visual e percepção humana do espaço, devendo facilitar o reconhecimento do território e dando-lhes uma sensação de segurança e bem-estar. Pode-se afirmar que o planeamento deve ter em consideração a escala adaptada à percepção humana da luz por si só e a luz do espaço, projectada a três dimensões com alturas diferenciadas, reunindo vários conceitos básicos mais importantes: [7]

- Percepção de espaços públicos e privados e objectos a iluminar;
- Percepção da dimensão e escala da cidade, estando esta direccionada e relacionada com o espaço a iluminar;
- A distância entre pontos de luz em função da distância das superfícies verticais;
- A distância entre pontos de luz deve servir como um guia óptico, permitindo modular o volume e trajecto de uma rua e antecipar a sua finalização;

## 4.6 Gestão inteligente para iluminação eficiente

O controlo do consumo energético e custos operacionais são consequências de mudanças globais que se tem vindo a sentir nestes últimos anos, consequência dos elevados custos energéticos e abrandamento da economia mundial. Conforme referenciado anteriormente, os gastos públicos com a iluminação pública chega aos 40% da factura total. Tornou-se imprescindível encontrar soluções, tendo sido desenvolvido ultimamente soluções de controlo inteligentes que conjugam o conforto, a segurança, a sustentabilidade e a fiabilidade.

Estas soluções passaram por um elevado desenvolvimento tecnológico de sistemas interligados e conectáveis a bases de dados, permitindo um acompanhamento natural e progressivo desenvolvimento das cidades, podendo ser geridos por dispositivos com ligação sem fio (*wireless*) culminando em uma redução energética na ordem de 85% combinados com dispositivos LED.

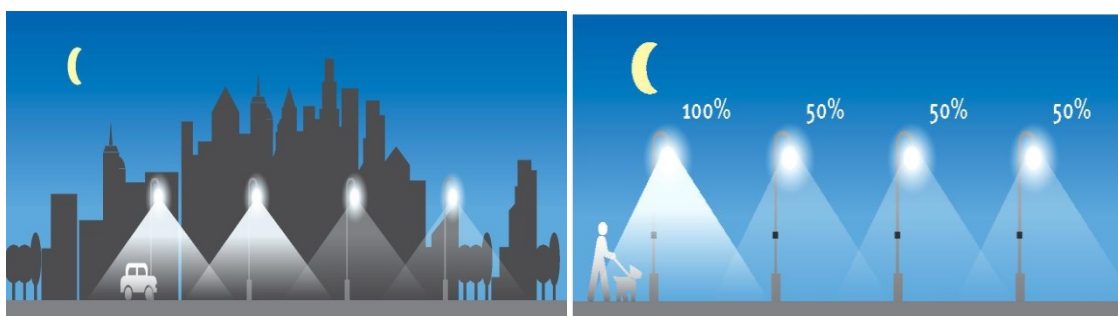


Figura 38 - Luminárias com sensores de movimento [59]

A utilização de sistemas “*Dimmer*” com lâmpadas ligadas em série permitem accionar de forma proporcional a intensidade da luz, possibilitando um aumento gradual à medida que são solicitadas por sensores de movimento ou velocidade, sensores de níveis de luz natural, adaptando a iluminação às reais necessidades dos locais e tempo (ex: áreas pedonais, arruamentos, parques de estacionamento, ...). Este sistema vai permitir poupança de energia evitando iluminação desnecessária [59]. O Grupo Schröder GIE é um exemplo de um grupo empresarial que apresenta várias soluções inteligentes de iluminação em espaços urbanos.

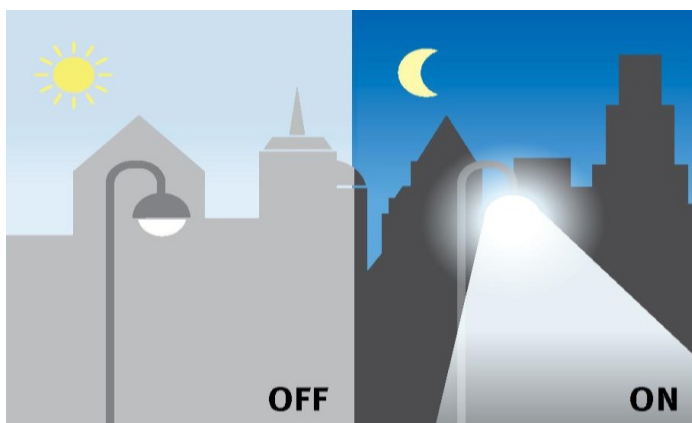


Figura 39 - Luminárias com fotocélula [59]

#### 4.7 Proposta de iluminação no Campus do IPB.

Está em curso no Campus do IPB um estudo que visa reformular a distribuição espacial das luminárias exteriores e raios de difusão espectral. O espaçamento entre luminárias depende principalmente do tipo de área a iluminar e os objectos que se pretende realçar, da altura do perfil metálico do candeeiro e do tipo de luminária a utilizar. Sabendo que o espectro luminoso deve ter uma abertura máxima de  $70^\circ$  com o eixo do candeeiro para maximizar o feixe de luz e não causar poluição luminosa, dentro do perímetro do IPB verificaram-se diversas situações antagónicas às boas práticas e utilização da iluminação exterior.

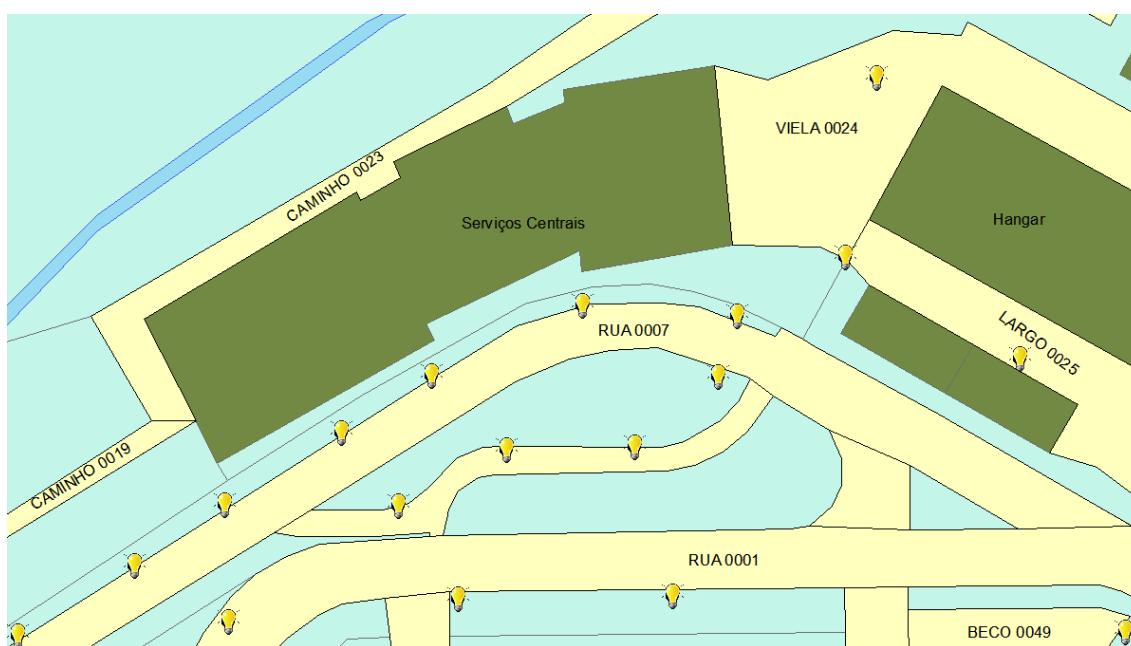


Figura 40 - Pontos de luz do Campus do IPB

Essas situações prendem-se principalmente com a utilização massiva de globos esféricos difundindo luz em todas as direcções, havendo desperdícios energéticos, como também poluição luminosa e reduzida eficácia na iluminação do espaço. Outro aspecto importante é a altura das luminárias que se encontram desajustadas em determinadas áreas tais como junto aos parques de estacionamento e corredores pedonais.



Figura 8 - Distribuição dos candeeiros exteriores.

Reconhece-se a necessidade de repensar e de reajustar os pontos de iluminação em função do espaço como também a criação de um sistema inteligente que permita maximizar a eficiência energética. A formulação duma proposta técnica será da responsabilidade de Orlando Soares da ESTIG, também membro da comissão POCCAMPUS, com quem trocámos impressões acerca deste assunto. Competiu-nos realizar o levantamento da situação actual no sentido de auxiliar essa decisão técnica. Permitimo-nos no entanto reconhecer que a proposta a formular deverá optar pela recolocação de alguns candeeiros e substituição das luminárias esféricas por luminárias tipo "*piano*" com lâmpadas LED. No mercado há várias soluções disponíveis que satisfazem estes aspectos, como por exemplo os produtos Schröder. Esta empresa foi já contactada pelo POCCAMPUS mas ainda sem qualquer proposta técnica e apenas algumas trocas de ideias.



Figura 41 - Luminária tipo "Piano".

As Luminária tipo "Piano" satisfazem os aspectos anteriormente mencionados, como também, associados a um controlador de gestão e monitorização poderão permitir através de sensores de presença adaptar o nível de iluminação conforme requerido, evitando o excesso de iluminação e o desperdício de energia. A constante comunicação com o sistema de telegestão facilitará uma melhor monitorização como a medição da tensão de entrada, a potência, o tempo de funcionamento e energia consumida, enviando todos os dados para a realização de

relatórios. Qualquer erro de funcionamento da luminária que saia dos parâmetros pré-estabelecidos, será prontamente reportado e accionará um alarme indicativo do problema [58].

## 5 Parque arbóreo dum campus universitário

### 5.1 Introdução

O inventário do parque arbóreo do Campus de Sta Apolónia a um nível individual é importante na medida em que cada árvore tem de ser tratada também individualmente. Um inventário deste tipo foge por isso ao habitual inventário dum povoamento florestal, em que cada árvore é parte integrante mas apenas em casos excepcionais deverá ter um tratamento individual.

O inventário do parque arbóreo do Campus pretende constituir uma ferramenta de gestão que possibilite em última instância garantir um bom estado vegetativo das árvores, com, a obtenção do máximo potencial paisagístico e serviço prestado, com um mínimo de custos.

Assim, seguindo de perto o “Manual de boas práticas em espaços verdes” [4], foi definido como indivíduo o local de plantação (caldeira) e não a árvore em si, para a realização do inventário completo e detalhado de todas as árvores em cada unidade de arruamento, constituindo uma base de dados dinâmica, de fácil acesso e de actualização quotidiana. Deverá ser proporcionada a consulta por vários níveis de acesso aos vários agentes e público em geral. Uma das vantagens de se utilizar uma base de dados relacional será também a produção do histórico da informação.

### 5.2 Inventário do parque arbóreo do Campus de Sta Apolónia

Foi utilizado o método visual de análise das árvores (“Visual Tree Assessment”) para a avaliação das árvores e do local onde vegetam. Foram assim avaliados por observação directa alguns elementos das árvores enquanto outros foram mensurados com técnicas dendrométricas apropriadas.

A informação recolhida deveria ser cruzada com a avaliação das condições edafoclimáticas. Essa avaliação edafoclimática ainda não estava finalizada à data deste trabalho e logo que possível deverá ser feito o devido cruzamento de dados. No entanto, a observação directa das árvores pode ser em certos casos bastante conclusiva, como por exemplo quando observamos uma árvore plantada numa área impermeabilizada por asfalto, e com uma caldeira (cova) desajustada, então a árvore apresenta sinais evidentes tais como rebentação anómala no colo, deformação e rebentamento do piso, etc. Nesses casos, dispensam-se outras avaliações pois os sinais são demais evidentes. Por isso que o método visual de análise das árvores (“Visual Tree Assessment”) é uma técnica recomendável. [24][13][23][77]

A expressão “condições edafoclimáticas” refere-se à análise de características definidas através de factores do meio tais como o clima, o relevo, a litologia, a temperatura, a humidade do ar, a radiação, o tipo de solo, o vento, a composição atmosférica e a precipitação pluvial. As condições edafoclimáticas são relativas à influência dos solos e clima nos seres vivos, em particular nos organismos do reino vegetal, incluindo o uso da terra pelo homem, a fim de estimular o crescimento das plantas. [25]

### 5.3 Avaliação fitossanitária das árvores

Neste ponto preocupámo-nos com a questão da “Avaliação fitossanitária das árvores”. Para o fazer foi preciso aprender a ler os sinais que a árvore dá e como relacioná-los com o meio-ambiente. Assim, aconselha-se uma leitura prévia do “Manual de boas práticas em espaços verdes” [4]. Essa obra foi produzida numa parceria entre o IPB e a CMB, a qual já teve desde a sua publicação em 2010, mais de 11000 descarregamentos (downloads: <http://goo.gl/PqKE8t>) através da biblioteca digital do IPB (<http://hdl.handle.net/10198/2929>). São abordados assuntos

relacionados com a Manutenção e Gestão dos espaços verdes, dos quais destacamos para este trabalho a Fertilização, a Rega, a Manutenção de Árvores, a Protecção das árvores contra agentes nocivos, Árvores de Risco, entre outros. Aconselha-se a sua leitura integral.

Para interpretar os sinais das árvores para a sua avaliação fitossanitária, foi útil a consulta do diagrama ou “Espiral de declínio de Manion” [10] a partir do qual se dividiram em três, os factores que em última instância levam à morte duma árvore, e que são:

- ✦ Factores de predisposição da mortalidade das árvores
- ✦ Factores que induzem a mortalidade das árvores
- ✦ Factores de aceleração da mortalidade das árvores

A mortalidade ou o declínio das árvores está associada a uma complexa interacção de factores abióticos e bióticos.

Os factores de predisposição (FP), tais como potencial genético, idade avançada da árvore, e as condições ambientais (alterações climáticas, tipo de solo ou do site condições erradas, baixa fertilidade, poluentes atmosféricos que levam à acidificação do solo e acção directa sobre as folhas, a baixa humidade do solo ou má drenagem do solo, compactação do solo) exercem a longo prazo um *stress* permanente na planta que a predispõem a danos devido à acção de outros factores bióticos.

Os factores de indução (FI) que normalmente são fenómenos esporádicos, de curta duração, mas podem produzir lesões severas, especialmente em árvores com capacidade reduzida de regeneração devido ao acumular de factores de predisposição ou *stress*. Podem ser factores com poluição do ar, períodos de seca, geada, e insectos desfolhadores ou agentes patogénicos.

Os factores de aceleração (FA) e que contribuem para a mortalidade das árvores podem ser insectos, fungos de decomposição de raízes, fungos, vírus, cancros e micoplasmas. Todos esses são indicadores de hospedeiros enfraquecidos. [9][10] [11][15]

Como medidas de mitigação a propor:

- ✦ Redução dos factores de *stress* ambiental, como poluentes atmosféricos como os principais factores indutores de declínio,
- ✦ Melhoria dos locais de plantação,
- ✦ Selecção de espécies e variedades de árvores a serem replantadas em locais adequados,
- ✦ Utilização de sementes de alta qualidade, e de jovens plantas com certificado de origem ou de proveniência, específica para determinados fins de replantação.

Os elementos que foram seleccionados neste inventário na Avaliação fitossanitária das árvores:

- ✦ Idade (IDADE): “Juvenil”, “Adulta”, “Senescente”, “Morta presente”, “Sem árvore”
- ✦ Local da árvore (LocalArv): “Caminho”, “Jardim”, “Junto a estrada”, “Parking”, “Parque”, “Passeio”, “Talude junto a via”, “Outro”
- ✦ Tipo de pavimento (PavimTipo): “Asfalto”, “Calçada”, “Cimento”, “Ervado”, “Outro”, “Relvado”, “Terra”
- ✦ Tipo de rega (RegaTipo): “Sem rega”, “Aspersão”, “Gota-a-gota”, “Superfície”
- ✦ Condições da caldeira (CaldCond): “Normal”, “Deformada”, “Rebentada”
- ✦ Dimensões da caldeira (CaldDim): “Ajustada”, “Desajustada”
- ✦ Factores limitantes da raiz (FacLimRaiz): “Nenhum”, “Arvores vizinhas”, “Aterro”, “Caldeira desajustada”, “Compactação”, “Desaterro”, “Edifícios”, “Encharcamento”,

- “Estrutura do solo”, “Idade avançada”, “Impermeabilização”, “Obras ou valas”, “Podas anteriores”, “Redes subterrâneas”, “Toxicidade do solo”, “Vários factores”
- ✦ Factores limitantes da copa (FacLimCopa): “Nenhum”, “Arvores vizinhas”, “Edifícios”, “Estrada”, “Idade avançada”, “Lojas”, “Obras”, “Outros factores”, “Parking”, “Passeio”, “Podas anteriores”
  - ✦ Sanidade da raiz (SanRz): “Normal”, “Fungos e pragas”, “Vários sintomas”, “Sem arvore”
  - ✦ Sanidade do tronco (SaniTronco): “Normal”, “Cancros”, “Cavidades”, “Crescimento em codominância”, “Esferoblastos”, “Feridas”, “Fungos e pragas”, “Partido”, “Podridão”, “Vandalismo”, “Vários sintomas”, “Sem arvore”
  - ✦ Sanidade dos ramos (SaniRamos): “Normal”, “Cancros”, “Feridas”, “Fungos e pragas”, “Mal conformados”, “Secos ou partidos”, “Vandalismo”, “Vários sintomas”, “Sem arvore”
  - ✦ Sanidade das folhas (SaniFolhas): “Normal”, “Descoloração”, “Desfoliação”, “Dieback”, “Diversos Sintomas”, “Doença Foliar”, “Vandalismo”, “Sem arvore”

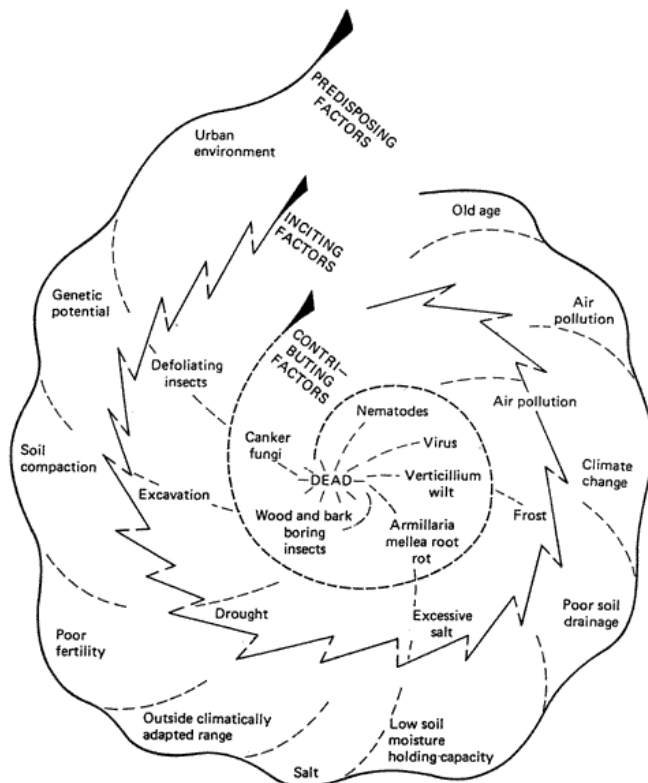


Figura 42 – Espiral de declínio de Manion [10]

Neste caso optou-se por subdividir a informação alfanumérica recolhida em a) Dados da árvore, b) Dados do local, c) Factores limitantes da árvore, d) Sanidade da árvore, e) Intervenções e eventualmente a avaliação, de risco e/ou patrimonial.

Os valores a atribuir a cada um dos campos da tabela do inventário foram discretizados em factores de predisposição ou de indução ou de aceleração. Não se pretendeu classificar campos mas sim os valores dos campos e a análise ser feita em conformidade. Por exemplo, na avaliação da sanidade do tronco, se forem registados actos de vandalismo, isso enquadra-se num factor de indução enquanto se for registada a presença de esferoblastos enquadra-se num factor de

aceleração. Entendeu-se por essas razões que a espiral de declínio de Manion (Figura 42) deve ser interiorizada pelo analista, e não ser usada para organizar a informação.

## 5.4 Avaliação do crescimento das árvores

### 5.4.1 Introdução

A avaliação do crescimento das árvores fez-se com base em técnicas dendrométricas clássicas [52], através da utilização de métodos aplicados em Inventário Florestal, com a diferença que neste caso todas as árvores são medidas e avaliadas, ao invés de serem medidas apenas algumas pela constituição duma amostra representativa do povoamento florestal.

Os elementos que foram seleccionados neste inventário na Avaliação do crescimento das árvores (Dados da Árvore) foram:

- ✦ Nome científico (NomeCient): “Sem árvore”, “Desconhecido”, “Não consta na lista”, “*Acacia dealbata*”, “*Acacia melanoxylon*”, ...
- ✦ Idade (IDADE): “Juvenil”, “Adulta”, “Senescente”, “Morta presente”, “Sem árvore”
- ✦ Número de troncos (TRONCOS): “introduzir um número correspondente ao número de troncos abaixo do nível do diâmetro à altura do peito (DAP)”
- ✦ DAP (DAP\_cm): “introduzir um número inteiro correspondente ao valor do DAP em centímetros” (no caso de existirem vários troncos registou-se o valor médio)
- ✦ Altura total (Altura\_m): “introduzir um número real com uma casa decimal correspondente ao valor da altura total em metros”
- ✦ Altura da base da copa (AltBCopa\_m): “introduzir um número real com uma casa decimal correspondente ao valor da altura da base da copa em metros”
- ✦ Diâmetro da copa (DiamCopa\_m): “introduzir um número real com uma casa decimal correspondente ao valor do diâmetro da copa em metros”
- ✦ Data de observação (data\_obs): “introdução automática na criação dum novo registo com o GPS, no formato dd-mm-aaaa”
- ✦ Data de verificação (data\_ver): “introdução automática na actualização dum registo existente com o GPS, no formato dd-mm-aaaa”

Através do inventário e posteriormente com as suas repetições, foi possível medir, os valores reais, os valores médios, por espécie, por classe de idade, e posteriormente os valores dos acréscimos médios anuais dessas grandezas. Realçou-se a importância dos acréscimos, em diâmetro à altura do peito, em diâmetro de copa, na altura total. Em relação à altura da base da copa verificou-se ser um parâmetro de evolução não natural que dependente da circulação de pessoas e veículos. Árvores em jardins apresentaram maior variabilidade de altura da base da copa enquanto as árvores de alamedas registaram menor variabilidade e com uma média de 2,7 m. Essas diferenças devem-se ao modo de condução das árvores.

Pesquisaram-se por revisão bibliográfica os valores típicos por espécie, relativos ao crescimento, dimensões máximas no estado adulto, e outros factores que se acharam por relevantes neste estudo para análises de crescimento e adaptação edafoclimática. Como se poderá verificar, existem espécies melhor adaptadas que outras. E mesmo considerando a mesma espécie, houve distinta adaptação consoante o local no Campus do IPB. Procurou-se cruzar os dados dendrométricos com o meio ambiente da planta.

Detectaram-se alguns constrangimentos na medição de alguns parâmetros dendrométricos, como por exemplo a altura formal da árvore porque a forma da copa tem sido manipulada por podas, e por vegetarem sem competição. Isso também impossibilitou o cálculo do volume através da altura formal. Optou-se por medir o volume correspondente a um cone com uma

área basal correspondente ao valor do DAP e com a altura total que apenas serve como um indicador.

Achou-se particularmente útil a avaliação da evolução do crescimento da altura total e do diâmetro de copa para se produzirem projecções para datas posteriores de volumes de copa e suas interacções com o espaço, muito importantes na constituição de corredores verdes e com implicações na escolha dum sistema de iluminação exterior, por exemplo.

Nos próximos pontos serão apresentados alguns valores importantes como as dimensões típicas das árvores e a forma de se obterem dados médios através de consultas à base de dados. Para o leitor mais interessado em bases de dados relacionais recomenda-se o aprofundamento de conceitos de SQL [64], de VBA [51] e MSAccess [66].

#### 5.4.2 Dimensões típicas das árvores

Apresentam-se na Tabela 5 os valores médios por espécie dos dados dendrométricos DAP, altura total, altura da base da copa e diâmetro da copa. Registaram-se também os valores máximos potenciais, obtidos por pesquisa bibliográfica, carecendo por isso de ajustamento às condições edafoclimáticas locais (pesquisa futura).

Através da consulta em SQL sobre a tabela “TreesTbl” da base de dados trees.mdb, foram determinadas as dimensões máximas das árvores:

```
SELECT TreesTbl.NomeCient, Max(TreesTbl.DAP_cm) AS [DAP (cm)], Max(TreesTbl.Altura_m) AS [Altura (m)],
Max(TreesTbl.AltBCopa_m) AS [AltBCopa (m)], Max(TreesTbl.DiamCopa_m) AS [DiamCopa (m)]
FROM TreesTbl
GROUP BY TreesTbl.NomeCient
HAVING (((TreesTbl.NomeCient)<>“Sem arvore”));
```

Dados sobre as dimensões típicas das árvores foram obtidos por consulta bibliográfica [20][63][69][70].

**Tabela 5 – Dimensões máximas reais e potenciais das árvores do Campus do IPB**

NomeCient	DAP (cm)		Altura (m)		AltBCopa (m)	DiamCopa (m)	
<i>Acacia melanoxylon</i>	10	50	4.5	30	1.7	4	10
<i>Acer campestre</i>	4	30	2.1	15	0.9	1.5	10
<i>Acer negundo</i>	30	50	10.5	20	2	7	10
<i>Acer pseudoplatanus</i>	40	100	10.4	30	2.7	9	20
<i>Aesculus hippocastan</i>	25	100	7.5	30	2.2	8	20
<i>Albizia julibrissin</i>	15	40	4.5	12	0.5	7	12
<i>Betula celtiberica</i>	35	70	10	30	2.5	10	20
<i>Castanea sativa</i>	10	100	5	30	1.7	3	20
<i>Catalpa bignonioides</i>	30	40	9.5	15	2.6	8	20
<i>Chamaecyparis lawson</i>	34	100	15	50	3	11	20
<i>Cupressus arizonica</i>	10	100	3	30	0.5	2	15
<i>Cupressus lusitanica</i>	80	100	16.5	30	6.5	14	15
<i>Cupressus sempervire</i>	2	50	1.8	20	0.4	0.5	3
<i>Fraxinus angustifoli</i>	40	100	12	30	3.2	9	25
<i>Ilex aquifolium</i>	8	40	4.5	20	0.7	2	15
<i>Juniperus communis</i>	7	70	1.6	20	0.5	0.9	3
<i>Ligustrum japonicum</i>	30	40	5.5	7	1.7	6	7
<i>Liquidambar styracif</i>	20	100	5	25	1.6	4	15
<i>Malus domestica</i>	5	10	3	5	1.8	1.5	4
<i>Melia azedarach</i>	20	50	4	15	1.8	4	7
<i>Olea europaea</i>	5	100	3	15	1.3	3	8

NomeCient	DAP (cm)		Altura (m)		AltBCopa (m)	DiamCopa (m)	
<i>Pinus pinea</i>	10	100	5	20	1	2	20
<i>Platanus hispânica</i>	60	100	18	35	3.5	15.5	25
<i>Populus sp.</i>	60	100	12	30	2.3	6	25
<i>Prunus avium</i>	44	100	9	25	1.9	8.5	15
<i>Prunus cerasifera</i>	7	50	5	8	2	2.4	10
<i>Prunus dulcis</i>	12	40	3	10	1.8	4	10
<i>Pseudotsuga menziesi</i>	24	120	9.5	50	2.5	5.7	15
<i>Quercus coccifera</i>	4	40	4	25	1.5	2	25
<i>Quercus rotundifolia</i>	2	70	0.7	25	0.3	0.5	15
<i>Quercus rubra</i>	50	100	13.5	25	2.7	13	20
<i>Salix babylonica</i>	37	50	11	15	3.5	10	15
<i>Sambucus nigra</i>	10	15	4	6	1.5	4	4
<i>Sequoia sempervirens</i>	50	250	12.9	110	1.8	7	17
<i>Tamarix gálica</i>	18	20	5	5	1.7	5.3	5
<i>Thuja plicata</i>	21	70	6.5	20	1.6	3.8	5
<i>Tilia tomentosa</i>	30	110	9.5	35	3	8.5	15
<i>Viburnum prunifolium</i>	2	10	0.8	4	0.3	0.4	3

### 5.4.3 Acréscimo médio anual

Com base nas séries temporais de dados entre 2007 e 2014 foram determinados os acréscimos médios anuais dos valores dendrométricos DAP, altura total, altura da base da copa e diâmetro da copa. Na Tabela 6 os dados foram agrupados por espécie enquanto nas restantes tabelas relativas aos acréscimos médios anuais os dados foram agrupados por espécie e classe de idade.

Para o cálculo dos acréscimos médios anuais dos dados dendrométricos foi utilizada uma folha de cálculo Excel [67]: [C:\...\AMA\\_CALCULA.xlsx](#)

**Tabela 6 – Valores por espécie dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente**

NomeCient	AMA_DAP (cm)	AMA_ht (m)	AMA_hbc (m)	AMA_dc (m)	CONTAR
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1.21	0.4	0.09	0.28	55
<i>Aesculus hippocastan</i>	0.85	0.24	0.07	0.19	29
<i>Catalpa bignonioides</i>	1.16	0.3	0.09	0.31	58
<i>Chamaecyparis lawson</i>	1.17	0.58	0.09	0.31	21
<i>Cupressus lusitanica</i>	1.44	0.37	0.13	0.36	72
<i>Platanus hispanica</i>	1.22	0.51	0.07	0.52	108
<i>Pseudotsuga menziesi</i>	1.07	0.71	0.22	0.26	16
<i>Quercus rubra</i>	1.07	0.36	0.06	0.38	44
<i>Tilia tomentosa</i>	1.03	0.33	0.08	0.22	54
<i>Outras folhosas</i>	1.16	0.38	0.08	0.35	52
<i>Outras resinosas</i>	0.9	0.35	0.06	0.19	6

**Tabela 7 – Valores por espécie de folhosas e idade (juvenil e adulta) dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente**

NomeCient	Idade	AMA_DAP (cm)	AMA_ht (m)	AMA_hbc (m)	AMA_dc (m)	CONTAR
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Juvenil	0.93	0.43	0.12	0.3	28

<i>Aesculus hippocastan</i>	Juvenil	0.53	0.16	0.06	0.09	20
<i>Catalpa bignonioides</i>	Juvenil	0.92	0.27	0.1	0.23	32
<i>Platanus hispanica</i>	Juvenil	1.02	0.42	0.09	0.37	11
<i>Quercus rubra</i>	Juvenil	0.75	0.26	0.06	0.21	23
<i>Restantes folhosas</i>	Juvenil	0.79	0.35	0.08	0.33	26
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Adulta	1.5	0.36	0.05	0.25	27
<i>Aesculus hippocastan</i>	Adulta	1.68	0.41	0.08	0.43	8
<i>Catalpa bignonioides</i>	Adulta	1.49	0.33	0.07	0.41	25
<i>Platanus hispanica</i>	Adulta	1.24	0.52	0.06	0.53	98
<i>Quercus rubra</i>	Adulta	1.42	0.48	0.06	0.58	21
<i>Tilia tomentosa</i>	Adulta	1.05	0.32	0.07	0.21	49
<i>Restantes folhosas</i>	Adulta	0.75	0.26	0.06	0.34	17

**Tabela 8 – Valores por espécie de resinosas dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente**

NomeCient	Idade	AMA_DAP (cm)	AMA_ht (m)	AMA_hbc (m)	AMA_dc (m)	CONTAR
<i>Cupressus lusitanica</i>	Juvenil	0.8	0.21	0.05	0.13	11
<i>Pseudotsuga menziesi</i>	Juvenil	0.83	0.76	0.33	0.24	10
<i>Restantes resinosas</i>	Juvenil	1.17	0.55	0.12	0.21	6
<i>Chamaecyparis lawson</i>	Adulta	1.24	0.58	0.08	0.35	15
<i>Cupressus lusitanica</i>	Adulta	1.58	0.44	0.16	0.41	47
<i>Restantes resinosas</i>	Adulta	1.49	0.56	0.04	0.31	8

**Tabela 9 – Valores por espécie de resinosas e idade (juvenil e adulta) dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente**

NomeCient	Idade	AMA_DAP (cm)	AMA_ht (m)	AMA_hbc (m)	AMA_dc (m)	CONTAR
<i>Cupressus lusitanica</i>	Juvenil	0.8	0.21	0.05	0.13	11
<i>Pseudotsuga menziesi</i>	Juvenil	0.83	0.76	0.33	0.24	10
<i>Restantes resinosas</i>	Juvenil	1.17	0.55	0.12	0.21	6
<i>Chamaecyparis lawson</i>	Adulta	1.24	0.58	0.08	0.35	15
<i>Cupressus lusitanica</i>	Adulta	1.58	0.44	0.16	0.41	47
<i>Restantes resinosas</i>	Adulta	1.49	0.56	0.04	0.31	8

#### Código SQL:

```
SELECT TreesTbl.Codigo, TreesTbl.Registo, TreesTbl.data_ver, TreesTbl.Inspector, TreesTbl.NomeCient, TreesTbl.Idade,
TreesTbl.Troncos, TreesTbl.DAP_cm, TreesTbl.Altura_m, TreesTbl.AltBCopa_m, TreesTbl.DiamCopa_m, TreesTbl.Interven,
TreesTbl.hf, TreesTbl.g, TreesTbl.v_hf, TreesTbl.v_cone
FROM TreesTbl
ORDER BY TreesTbl.Codigo, TreesTbl.data_ver DESC;
```

Para o cálculo dos acréscimos foi utilizada uma folha de cálculo Excel [67]: [C:\...\dados e regressão.xlsx](#)

Agregaram-se as árvores por classe (resinosas e folhosas) e por porte na idade adulta (pequeno, médio e grande porte) cujos acréscimos se apresentam na Tabela 10.

**Tabela 10 – Valores agrupados dos Acréscimos Médios Anuais do diâmetro à altura do peito (cm), da altura total, altura da base da copa, e diâmetro de copa (m) e contagem correspondente**

Seleção	AMA_DAP (cm)	AMA_ht (m)	AMA_hbc (m)	AMA_dc (m)	CONTAR
Folhosa; Grande Porte	1.09	0.41	0.07	0.35	274

Folhosa; Medio Porte	1.02	0.29	0.07	0.32	132
Folhosa; Pequeno Porte	0.92	0.17	0.07	0.21	14
Resinosa; Grande Porte	1.25	0.43	0.13	0.33	118
Resinosa; Medio Porte	0.62	0.29	0.06	0.10	5

#### Código SQL:

```
SELECT TreesTbl.Codigo, TreesTbl.Registo, TreesTbl.data_ver, TreesTbl.NomeCient, TreesTbl.Idade, TreesTbl.TipoArvore,
TreesTbl.DimAdulta, TreesTbl.Troncos, TreesTbl.DAP_cm, TreesTbl.Altura_m, TreesTbl.AltBCopa_m, TreesTbl.DiamCopa_m,
TreesTbl.hf, TreesTbl.g, TreesTbl.v_hf, TreesTbl.v_cone
FROM TreesTbl
WHERE (((TreesTbl.Codigo) In (SELECT [Codigo] FROM [TreesTbl] As Tmp GROUP BY [Codigo] HAVING Count(*)>1 )) AND
((TreesTbl.TipoArvore)="folhosa") AND ((TreesTbl.DimAdulta)="grande porte"))
ORDER BY TreesTbl.Codigo, TreesTbl.data_ver DESC;
```

#### 5.4.4 Equações alométricas

O termo alometria significa “a relação entre parte de um organismo e seu todo” [17][16][52]. A equação geral de alometria é expressa normalmente pela potência:

$$Y = \beta X^\alpha$$

Em que “Y” é a variável biológica (por exemplo DAP), “β” é um coeficiente de proporcionalidade, “α” é um coeficiente de escala (que é igual ao declive da linha quando transformada a equação logaritmicamente), e “X” é um valor físico (como por exemplo o volume). Em floresta, existem múltiplas equações que representam relações entre dimensões e crescimento duma árvore, normalmente através da linearização da equação anterior, ou directamente através da equação duma recta:

$$Y = b_0 + b_1X$$

A relação alométrica entre os principais parâmetros de árvores (DAP, dimensões da copa e altura das árvores) também pode ser afectada por outras variáveis, tais como a história das intervenções, factores genéticos das árvores (proveniências), posição da árvore num povoamento, a fertilidade local, qualidade da estação, etc.. Portanto, quais e quantas variáveis independentes devem ser utilizadas em equações alométricas são questões muito importantes na modelação das características de árvores. [2]

Desenvolveram-se equações alométricas relacionando-se o DAP com a altura total (equação hipsométrica) e com o diâmetro de copa. Na Tabela 11 ilustra-se o resultado do ajustamento dos dados agregando as árvores por classe e por porte. Foram pesquisados os ajustamentos de equações alométricas para cada espécie. Não foi possível agrupar por espécie e por idade pela escassez dos dados. Ressalva-se que as equações aqui apresentadas apenas têm validade local e nesta fase com confiança estatística débil. De futuro deverá ser feita nova tentativa com maior número de dados.

**Tabela 11 – Equações alométricas entre o diâmetro à altura do peito (cm) – DAP e a altura total (m) – ht, e o diâmetro de copa (m) – dc, por classe e por porte**

Seleção	Y=bX+a	Equação	R <sup>2</sup>	F	Pvalue	CONTAR
Folhosa; Grande Porte	y=ht; x=DAP	y = 0.2249x + 2.6637	0.5845	641.5150	0.0000	458
	y=dc; x=DAP	y = 0.1939x + 1.6200	0.5816	633.9008	0.0000	458
Folhosa; Medio Porte	y=ht; x=DAP	y = 0.2286x + 1.8963	0.6968	583.7468	0.0000	256
	y=dc; x=DAP	y = 0.1899x + 1.2959	0.6477	466.8884	0.0000	256
Folhosa; Pequeno Porte	y=ht; x=DAP	y = 0.2025x + 0.9072	0.6513	69.1152	0.0000	39
	y=dc; x=DAP	y = 0.2608x + 0.6283	0.5474	44.7433	0.0000	39
Resinosa; Grande Porte	y=ht; x=DAP	y = 0.1468x + 2.9450	0.6904	508.5146	0.0000	230
	y=dc; x=DAP	y = 0.1031x + 2.0400	0.5953	335.4320	0.0000	230

Resinosa; Medio Porte	y=ht; x=DAP	y = 0.1716x + 0.7790	0.5167	17.1074	0.0008	18
	y=dc; x=DAP	y = 0.1556x + 0.1722	0.8803	117.6461	0.0000	18

Código SQL (para filtração de dados):

```
SELECT TreesTbl.NomeCient, TreesTbl.Codigo, TreesTbl.Registo, TreesTbl.data_ver, TreesTbl.TipoArvore, TreesTbl.DimAdulta,
TreesTbl.Troncos, TreesTbl.DAP_cm, TreesTbl.Altura_m, TreesTbl.AltBCopa_m, TreesTbl.DiamCopa_m
FROM TreesTbl
WHERE (((TreesTbl.NomeCient)<>"Sem arvore") AND ((TreesTbl.TipoArvore)="folhosa") AND ((TreesTbl.DimAdulta)="grande
porte") AND ((TreesTbl.Troncos)>0))
ORDER BY TreesTbl.NomeCient, TreesTbl.Codigo, TreesTbl.Registo, TreesTbl.data_ver DESC;
```

Para o ajustamento das equações alométricas foi criada uma folha de cálculo Excel [67]: <C:\...\dados e regressão.xlsx>

## 5.5 Relatórios e Mapas do inventário das árvores

Conforme se esquematizou em 3.10.2, foi criada uma interface de ligação entre os diversos dispositivos e programas para se obter uma ferramenta de gestão funcional. Neste ponto pretendeu-se ilustrar que tipo de documentos foram criados para o POCCAMPUS, tais como mapas temáticos e relatórios, e o modo como foram produzidos. Optou-se por separar em duas partes, por um lado o Inventário de infra-estruturas do POCCAMPUS e por outro o Inventário das árvores.

Uma vez que toda a base de dados deve ficar sob controlo centralizado, o acesso ficou vedado a utilizadores não credenciados. Como forma de transmissão de informação para os utilizadores, optou-se para já na publicação em pasta partilhada de mapas e de relatórios. De futuro pretende-se criar sistema de consulta interactiva (WebMap) dos mapas e dos relatórios.

### 5.5.1 Relatórios do inventário das árvores

Houve a preocupação de se produzirem relatórios para distintos utilizadores. Por exemplo, os encarregados da manutenção das árvores poderão obter relatórios que forneçam informação acerca da localização, do diagnóstico efectuado e das propostas de intervenção. Além disso, tentou-se criar um relatório elegante e de leitura fácil.

#### 5.5.1.1 Relatórios

Optámos por alojar em formato digital os relatórios porque implicaria a impressão de muitas páginas. Apresentamos no entanto seguidamente alguns cabeçalhos desses relatórios.

ZonaCod		RuaCod		SaniGlobal	Contar					
900	0001	2	2	SaniGlobal = 0 (saudável); SaniGlobal = 4 (máximo possível - nada saudável)						
Espécie	Codigo	Raiz	SRz	Tronco	ST	Ramos	SRa	Folhas	SF	Nova Inspeção
Acer negundo	90000010043	Normal	0	Podridao	3	Varios sintomas	3	Normal	0	18-03-2015
Acer pseudoplatanus	90000010012	Normal	0	Feridas	4	Secos ou partidos	2	Normal	0	18-03-2015

Figura 43 – SANIDADE - Relatório por zona, rua, classe de factor limitante

ZonaCod		RuaCod		Prioridade	Contar					
900	0001	4	19	Prioridade = 0 (sem necessidade de intervenção); Prioridade = 4 (prioridade urgente de intervenção)						
Espécie	Codigo	Interven	Podas	Comentario	Verificar	Nova Inspeção				
Acer negundo	90000010043	Tratamento da planta	Secos e partidos	no comments	VerifInterven	02-03-2015				
Acer pseudoplatanus	90000010006	Diversas accoes	Formacao	no comments	VerifTudo	19-02-2015				

Figura 44 – INTERVENÇÕES E PODAS - Relatório por zona, rua, prioridade de intervenção

ZonaCod		RuaCod		Espécie		Contar				
900	0001	Acer negundo		1						
Codigo	Idade	data_ver	Troncos	DAP	h_m	hbc_	dc_	g_m	v_m	Nova Inspeção
90000010043	Juvenil	02-12-2014	1	11	4.5	2	4.5	0.01	0.014	02-03-2015
ZonaCod		RuaCod		Espécie		Contar				
900	0001	Acer pseudoplatanus		13						
Codigo	Idade	data_ver	Troncos	DAP	h_m	hbc_	dc_	g_m	v_m	Nova Inspeção
90000010007	Adulta	23-10-2014	1	16	7	1.8	4.6	0.02	0.047	22-10-2016
90000010011	Adulta	23-10-2014	1	15	7.9	1.9	5.3	0.018	0.047	19-02-2015

Figura 45 – DADOS DENDROMÉTRICOS - Relatório por zona, rua, espécie

ZonaCod		RuaCod		LocalArv		Contar			
900	0001	Jardim		43					
Codigo	data_ver	AssocArv	PavimTipo	PavimCond	RegaTipo	CaldForma	CaldCond	CaldDim	Nova Inspeção
90000010001	23-10-2014	Alameda	Relvado	Normal	Aspersao	Nao possui	Nao se aplica	Nao se aplica	19-02-2015
90000010002	23-10-2014	Alameda	Relvado	Normal	Aspersao	Nao possui	Nao se aplica	Nao se aplica	19-02-2015

Figura 46 – DADOS DO LOCAL - Relatório por zona, rua e local de árvore

ZonaCod		RuaCod		FLClass		Contar	
900	0001	4		2			
Espécie	Codigo	Raiz	FLR	Copa	FLC	Nova Inspeção	
Albizia julibrissin	90000010054	Compactacao	2	Parking	2	19-02-2015	
Tilia tomentosa	90000010080	Caldeira desajustada	4	Nenhum	0	19-02-2015	

FLClass = 0 (sem factores limitantes);  
FLClass = 8 (máximo de factores limitantes)

Figura 47 – FACTORES LIMITANTES - Relatório por zona, rua, classe de factor limitante

ZonaCod		RuaCod		FLClass		Contar	
900	0001	4		2			
Espécie	Codigo	Raiz	FLR	Copa	FLC	Nova Inspeção	
Desconhecida	90000010054	Compactacao	2	Parking	2	05-02-2015	
Tilia tomentosa	90000010080	Caldeira desajustada	4	Nenhum	0	05-02-2015	

FLClass = 0 (sem factores limitantes);  
FLClass = 8 (máximo de factores limitantes)

Figura 48 – FACTORES LIMITANTES - Relatório por zona, rua, classe de factor limitante

## 5.5.2 Mapas do inventário das árvores

Além dos relatórios é importante poder visualizar a informação em mapa. Como mapa de base foi utilizado o mapa também produzido para o POCCAMPUS, com muito pouca informação: edifícios, limites da rede viária, parcelário.

Foi criado um mapa base com todas as árvores de registo “ACTUAL”, isto é, a última medição de cada árvore, ocultando-se a visualização das árvores de registo “HISTORIC”, isto é, aqueles registos que foram medidos em datas anteriores excepto a mais actual.

Poderemos criar mapas que evidenciem as árvores a intervencionar, com uma determinada prioridade de intervenção, numa escala de nada urgente (valor 0) a extremamente urgente (valor 4), ou as árvores duma espécie, etc.

### 5.5.2.1 Mapas

Optámos por alojar em formato digital os mapas porque implicaria a impressão de muitas páginas. Apresentamos abaixo na Figura 49 apenas como exemplo, neste caso o mapa com as projecções de copa previsíveis para 2020 em função do crescimento das árvores existentes.





Figura 50 – Mapa de projecção de copas actual (a cinzento) e para 2020 (a laranja) numa área do Campus do IPB

Para a filtração dos dados e modelação para 2020 desenvolveu-se por programação uma rotina no MSAccess designada por “PROJ2020”. É produzida uma tabela que é automaticamente actualizada a qualquer momento, reflectindo os dados a projecção para 2020 em relação aos dados actuais.

Pela aplicação da equação alométrica entre o DAP e o diâmetro de copa para projecção para 2020, o diâmetro de copa estimado teve nalguns casos valores inferiores aos actuais. Tratou-se dos casos em que a copa atingiu já as dimensões máximas possíveis, dada a competição com árvores vizinhas. Nesses casos, o valor atribuído foi o actual.

Potencialidades desta projecção:

- ✦ Novos registos resultando de plantações recentes são evidenciados na projecção
- ✦ Árvores eliminadas são também evidenciadas na projecção
- ✦ Podem ser simuladas novas plantações e/ou eliminações
- ✦ Os valores do DAP actuais constam da base de dados e são projectados para a data posterior com base nos acréscimos médios anuais listados na Tabela 10.
- ✦ Os valores do diâmetro de copa para a data posterior são projectados com base nas equações alométricas listadas na Tabela 11.

### 5.6.1 Estrutura da rotina “PROJ2020”

A rotina “PROJ2020” possui os seguintes passos fundamentais (explicados a seguir em detalhe):

- ✦ Criação da tabela “PROJ2020”
- ✦ Eliminação de todos os registos da tabela “PROJ2020”
- ✦ Acrescentar registos à tabela “PROJ2020”
- ✦ Correção do raio de copa

#### 5.6.1.1 Consulta para criar tabela

Esta primeira consulta serviu para criar a tabela (PROJ2020) em 10-02-2015 na base de dados original: C:\pfd\data\ArvoresCampus\TreesTbl\Trees.mdb. Uma vez criada não terá mais de ser

aplicada e por isso não consta da rotina “PROJ2020”. A estrutura desta tabela é igual à da tabela das árvores “TreesTbl” descrita acima em 3.11.

#### Código SQL:

```
SELECT TreesTbl.NovaPlant AS NomeCient, TreesTbl.Codigo, TreesTbl.data_ver, TreesTbl.Registo, Round((2020-  
Year([TreesTbl].[data_ver]))*1.5+[TreesTbl].[DAP_cm],1) AS DAP_cm, Round(0.1742*[DAP_cm]+3.2853,1) AS Altura_m, 2.7 AS  
AltBCopa_m, Round(0.0708*[dap_cm]+4.1021,1) AS DiamCopa_m, Round([DiamCopa_m]/2,1) AS RaioCopa_m,  
TreesTbl.X_HGML_m, TreesTbl.Y_HGML_m INTO Proj2020 IN 'C:\pfdata\ArvoresCampus\TreesTbl\Trees.mdb'  
FROM TreesTbl  
WHERE (((TreesTbl.Registo)="actual") AND ((TreesTbl.TipoArvore)="Folhosa") AND ((TreesTbl.DimAdulta)="Grande porte"))  
ORDER BY TreesTbl.NovaPlant, TreesTbl.Codigo;
```

#### 5.6.1.2 Consulta para eliminar todos os registos

Antes de actualizar a tabela PROJ2020 foi necessário eliminar todos os registos.

#### Código SQL:

```
DELETE Proj2020.NomeCient, Proj2020.Codigo, Proj2020.data_ver, Proj2020.Registo, Proj2020.DAP_cm, Proj2020.Altura_m,  
Proj2020.AltBCopa_m, Proj2020.DiamCopa_m, Proj2020.RaioCopa_m, Proj2020.X_HGML_m, Proj2020.Y_HGML_m  
FROM Proj2020;
```

#### 5.6.1.3 Consulta para acrescentar registos

Após a eliminação dos registos, a tabela “PROJ2020” foi assim actualizada. Apresentam-se a seguir exemplos para o agrupamento “Folhosa” e “Grande porte”.

#### Código SQL:

```
INSERT INTO Proj2020 ( NomeCient, Codigo, data_ver, Registo, DAP_cm, Altura_m, AltBCopa_m, DiamCopa_m, RaioCopa_m,  
X_HGML_m, Y_HGML_m ) IN 'C:\pfdata\ArvoresCampus\TreesTbl\Trees.mdb'  
SELECT TreesTbl.NovaPlant AS NomeCient, TreesTbl.Codigo, TreesTbl.data_ver, TreesTbl.Registo, Round((2020-  
Year([TreesTbl].[data_ver]))*1.5+[TreesTbl].[DAP_cm],1) AS DAP_cm, Round(0.1742*[DAP_cm]+3.2853,1) AS Altura_m, 2.7 AS  
AltBCopa_m, Round(0.0708*[dap_cm]+4.1021,1) AS DiamCopa_m, Round([DiamCopa_m]/2,1) AS RaioCopa_m,  
TreesTbl.X_HGML_m, TreesTbl.Y_HGML_m  
FROM TreesTbl  
WHERE (((TreesTbl.Registo)="actual") AND ((TreesTbl.TipoArvore)="Folhosa") AND ((TreesTbl.DimAdulta)="Grande porte"))  
ORDER BY TreesTbl.NovaPlant, TreesTbl.Codigo;
```

#### 5.6.1.4 Consulta para rectificar raio de copa

A aplicação das equações alométricas pode em certos casos projectar raios de copa inferiores aos actuais. Isso deve-se às fortes intervenções a que as árvores estão sujeitas, nomeadamente as podas severas, e ainda a diversos factores de constrangimento das copas das árvores tais como barreiras existentes. Nesses casos, o valor estimado do raio de copa deve ser substituído pelo valor real.

#### Código SQL:

```
UPDATE TreesTbl INNER JOIN Proj2020 ON (TreesTbl.Codigo = Proj2020.Codigo) AND (TreesTbl.Registo = Proj2020.Registo) SET  
Proj2020.RaioCopa_m = [TreesTbl.RaioCopa_m] WHERE (((Proj2020.RaioCopa_m)<[TreesTbl].[RaioCopa_m]));
```



## 6 Integração da informação

A integração da informação deste trabalho possibilitou o cruzamento da luminária com o parque arbóreo do campus no sentido de propor soluções integradas de iluminação exterior. Pela análise do inventário e dos dados de crescimento das árvores foi possível fazer projecções dos dados dendrométricos para datas posteriores, tais como a ocupação do terreno pelas copas das árvores em face do crescimento expectável das árvores existentes e eventualmente doutras árvores a plantar e/ou remover, tal como se ilustrou na Figura 49. Para além do Inventário da luminária estava também previsto o inventário de outras infra-estruturas tais como tampas de visita e respectivas redes subterrâneas, que também foi feito dentro da nossa participação no programa POCCAMPUS mas não foi desenvolvido neste relatório.



## **7 Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros**

### **7.1 Conclusões**

Este trabalho, numa primeira fase vai ao encontro da revisão do Plano de Ordenamento do Campus de Santa Apolónia (POCCAMPUS), na medida que constitui um trabalho preparatório na inventariação dos elementos estruturais, recorrendo a técnicas de levantamento de campo e disponibilização da informação em plataformas SIG, visando o estudo dos mesmos. Numa segunda fase, permite o apoio à reorganização do Campus no âmbito da planificação/requalificação através de propostas de alteração, mais especificamente neste caso, relativo à iluminação exterior e espaços verdes do Campus.

Estas propostas foram conseguidas através dos dados trabalhados em plataformas informáticas (SIG) e armazenadas em Sistemas de Gestão de Bases de Dados, permitindo assim, a gestão e consulta on-line das soluções apresentadas.

### **7.2 Perspectivas de trabalhos futuros**

Como todas as bases de dados, esta não pode deixar de ser periodicamente actualizada através da monitorização dos parâmetros em estudo in loco. Ainda há muito a fazer em outros aspectos relevantes ao Ordenamento do Campus, tomando sempre como base o melhoramento e aperfeiçoamento da base existente, tanto através da introdução de novas variáveis, como o tratamento e utilização de outras plataformas SIG mais atuais.

Uma das preocupações que tivemos desde o início foi a necessidade de se implementarem soluções dinâmicas para gestão da informação. Com o desenvolvimento de tecnologias de geoprocessamento e a vulgarização de telefones móveis conhecidos por “SmartPhones” com sistemas operativos (Android, IOS, Windows, Blackberry), os quais permitem o desenvolvimento de programas, acreditamos que no futuro possa ser possível integrar estas tecnologias em estudos como os que realizámos. Por exemplo, através da aplicação “AppSheet” (Google), qualquer utilizador pode desenvolver de forma simplificada aplicações que permitem fazer ligação a dados remotos, e partilhar essa aplicação com utilizadores múltiplos. Ainda que já tenhamos efectuado alguns testes, estes ficarão para trabalhos futuros.



## 8 Referências bibliográficas

### 8.1 Bibliografia

- [1]. Almeida Roque (2011). Proposta de Norma de Sinalização Turística. Active, Projectos de Engenharia Civil, Lda. Largo Augusto Madureira, 7 – 1.º Esq. 1495-012 Algés, Portugal.
- [2]. Balenović, I. *et al.* (2015). Modeling Tree Characteristics of Individual Black Pine (*Pinus nigra* Arn.) Trees for Use in Remote Sensing-Based Inventory. *Forests* 2015, 6, 492-509; doi:10.3390/f6020492
- [3]. BENYA, J. R. (2004). Big cities, bright lights: lighting the urban landscape. [www.lightforum.com/design/ALMO45.htm](http://www.lightforum.com/design/ALMO45.htm) in Lúcia Mascaró (2006). A iluminação do espaço urbano. Porto Alegre: PROPAR-UFRGS. Relatório de Pesquisa.
- [4]. Coords. Azevedo, J.C.; Gonçalves, A. (2010) - Manual de boas práticas em espaços verdes. Bragança: Câmara Municipal. ISBN 978-989-8344-08-3
- [5]. Goulart, S.F.P. (2014). Impacto da Poluição Luminosa nas Aves Marinhas da Ilha Terceira. Tese de Mestrado. Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza. Universidade dos Açores.
- [6]. Jutras, P. (2008). Modeling of Urban Tree Growth with Artificial Intelligence and Multivariate Statistics. PhD thesis. Department of Bioresource Engineering, Macdonald Campus of McGill University. Montreal, Quebec, Canada
- [7]. Lúcia Mascaró (2006). A iluminação do espaço urbano. Porto Alegre: PROPAR-UFRGS. Relatório de Pesquisa.
- [8]. Magalhães, M.R. (2001). A Arquitectura Paisagista. Morfologia e Complexidade de Manuela Raposo Magalhães. Editorial Estampa. ISBN: 9789723316865.
- [9]. Manion, P. D., (1981). Decline diseases of complex biotic and abiotic origin, in: Tree disease concepts, pp. 324-339. Prentice Hall 1981.
- [10]. Manion, P.D. (1991). Tree Disease Concepts, 2nd edition. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. 402 pp.
- [11]. Martins, L.M. (2012). Fitossanidade e proposta de intervenção no castanheiro de Guilhafonso - Guarda. Vila Real, Outubro, 24pp.
- [12]. Masbouni, A., Gravelaine, F. (2003). Penser la ville par la lumière Broché. Editions de La Villette. Collection : Projet urbain. 114p. ISBN-13: 978-2903539764.
- [13]. Matthecka, C. and Breloerb, H. (1994). Field Guide for Visual Tree Assessment (VTA). *Arboricultural Journal* 02/1994; **18**(1). DOI: 10.1080/03071375.1994.9746995
- [14]. MENEGHETTI, G.I.P. (2003). Estudo de dois métodos de amostragem para inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos, SP. Dissertação (mestrado) – ESALQ/USP, 100 p.
- [15]. Nienhaus, F. (1985). Infectious diseases in forest trees caused by viruses, mycoplasma-like organisms and primitive bacteria. *Experientia*. 15 May 1985, Volume 41, Issue 5, pp 597-603.
- [16]. Verma, N.K, *et al.* (2014). An allometric model for estimating DBH of isolated and clustered Eucalyptus trees from measurements of crown projection area. *Forest Ecology and Management* 326 (2014) 125–132

### 8.2 Consultas na Internet

- [17]. Allometry: <http://en.wikipedia.org/wiki/Allometry> (19-03-2015)
- [18]. Apontamentos da disciplina de SIG publicadas pelo docente João Paulo Miranda de Castro na plataforma IPBvirtual. (<https://virtual.ipb.pt/portal>) (8 de Março de 2015)

- [19].Autodesk knowledge network: <http://knowledge.autodesk.com> (<http://goo.gl/VPiUEd>) (8 de Março de 2015)
- [20].Burncoose Nurseries: <http://goo.gl/hsydcW> (18-03-2015)
- [21].Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental: [http://www.dgterritorio.pt/cartografia\\_e\\_geodesia/cartografia/cartografia\\_tematica/cos/](http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/cartografia_tematica/cos/) (8 de Março de 2015)
- [22].Decreto Regulamentar n.º 10/2009, de 29 de Maio. Regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial (<http://goo.gl/uoyneR>)
- [23].Definição de “VTA - Visual Tree Assessment” : [http://www.hellistreeconsultants.co.uk/kbi1000003\\_visual\\_tree\\_assessment\\_vta.html](http://www.hellistreeconsultants.co.uk/kbi1000003_visual_tree_assessment_vta.html) (10-03-2015)
- [24].Definição de “VTA - Visual Tree Assessment” : <http://www.iml-na.com/en/wood-testing-systems/method/vta-visual-tree-assessment/> (10-03-2015)
- [25].Definição de Condições edafoclimáticas: <http://www.ciberduvidas.com/pergunta.php?id=21025> (10-03-2015)
- [26].Diário da república 2ª série nº 92 12 de maio de 2010 - PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA, E. M.; Regulamento n.º 435/2010; Regulamento de espaços verdes do concelho de Vila Nova de Gaia ([DR 2ªSérie Nº 92 de 12 de Maio de 2010](http://www.dgterritorio.pt/DR_2ªSérie_Nº_92_de_12_de_Maio_de_2010))
- [27].Estação base de referência do IPB: <http://www.trimble.com/trs/findtrs.asp?Nav=File-14427&Detail=Portugal> (10-03-2015)
- [28].GIS Best Practices, December 2006: [www.esri.com/agriculture](http://www.esri.com/agriculture) (10-03-2015)
- [29].GNSS COMPASS: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Compass> (10-03-2015)
- [30].GNSS GALILEO: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Galileo> (10-03-2015)
- [31].GNSS GLONASS: <http://pt.wikipedia.org/wiki/GLONASS> (10-03-2015)
- [32].GNSS GPS: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_posicionamento\\_global](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamento_global) (10-03-2015)
- [33].Campus Maps and Apps added to ArcGIS for Local Government: <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2011/09/09/campus-maps-and-apps-added-to-arcgis-for-local-government/> (18-05-2015)
- [34].História da instalação da Escola Superior Agrária: <http://esa.ipb.pt/apresentacao.php?id=historia> (4 de Março de 2015)
- [35].Tech Data Corporation (NASDAQ/NMS: TECD) : [http://micrografico.micrograf.pt/mic\\_17/m17\\_12.html](http://micrografico.micrograf.pt/mic_17/m17_12.html) (4 de Março de 2015)
- [36].Vista nocturna do espaço da baía de Tóquio UOL Notícias: <http://noticias.uol.com.br/> (18-05-2015)
- [37].O IPB: <http://portal3.ipb.pt/index.php/pt/ipb/quem-somos/ipb> (4 de Março de 2015) (<http://goo.gl/WuJelP>).
- [38].Definição de Centróide: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Centroide> (8 de Março de 2015)
- [39].Definição de Ponto: <http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Point> (8 de Março de 2015)
- [40].Geoprocessamento e sua importância na engenharia: <http://www.brasilengenharia.com/portal/palavra-do-leitor/1291-geoprocessamento-e-sua-importancia-na-engenharia> (8 de Março de 2015)
- [41].Tutorial CAD: <http://www.cadtutor.net/tutorials/autocad/object-snap.php> (8 de Março de 2015)
- [42].Câmara Municipal de Bragança, obras e factos de maior relevo: [http://www.cm-braganca.pt/uploads/writer\\_file/document/618/Obras\\_e\\_factos\\_de\\_maior\\_relevo.pdf](http://www.cm-braganca.pt/uploads/writer_file/document/618/Obras_e_factos_de_maior_relevo.pdf) (4 de Março de 2015) (<http://goo.gl/3qWuIT>)

- [43].Luminárias diversas: <http://www.enp-energias.pt/> - (<http://goo.gl/NWRx0D>) (06-03-2015)
- [44].Featured E-books; ESRI: <http://www.esri.com/esri-news/publications/ebooks> (06-03-2015)
- [45].[http://www.essa.ipb.pt/portal/page?\\_pageid=335,133695&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.essa.ipb.pt/portal/page?_pageid=335,133695&_dad=portal&_schema=PORTAL) (4 de Março de 2015)
- [46].<http://www.icnf.pt/portal/ap/p-nat/pnm/habit> (5 de Março de 2015)
- [47].<http://www.ij-healthgeographics.com/content/7/1/13> (8 de Março de 2015)
- [48].<http://www.industriassaludes.es/pt> - Luminárias LED para zonas verdes. (<http://goo.gl/b0rs6C>) (06-03-2015)
- [49].<http://www.lna.br/> (18-05-2015)
- [50].<http://www.mathopenref.com/line.html> (8 de Março de 2015)
- [51].Visual Basic for Applications (VBA): [http://en.wikipedia.org/wiki/Visual\\_Basic\\_for\\_Applications](http://en.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic_for_Applications) (18-03-2015)
- [52].West, P.W. (2009). Tree and Forest Measurement. 2nd Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009. DOI: 10.1007/978-3-540-95966-3. (<http://goo.gl/z3oqqv>) (13-03-2014)
- [53].www.lighting-living-lab.pt (06-03-2015)
- [54].<http://www.mathopenref.com/point.html> (8 de Março de 2015)
- [55].<http://www.mun-setubal.pt/> - Poluição luminosa em espaços verdes (<http://goo.gl/0kxqG>) (06-03-2015)
- [56].<http://www.portalsaofrancisco.com.br/> (18-05-2015)
- [57].<http://www.pps.org/projects/dukeplaza>
- [58].<http://www.schreder.com/>
- [59].<http://www.schreder.com/PTS-PT/Pages/default.aspx>, Gestão inteligente para iluminação eficiente, Grupo Schröder GIE (18-05-2015)
- [60].<http://www.vitoria.es.gov.br/> (18-05-2015)
- [61].<https://www.osapublishing.org> (18-05-2015) –
- [62].ROIZENBLATT, I., (2009). Iluminação urbana - A visão dos conceituadores da Luz. Edição 44, Setembro de 2009.( <https://goo.gl/Jgyw9b> ) (18-05-2015)
- [63].Jardim Botânico da UTAD: <http://jb.utad.pt/> (18-03-2015)
- [64].Linguagem de pesquisa declarativa padrão para bases de dados – Structured Query Language (SQL): <http://pt.wikipedia.org/wiki/SQL> (18-03-2015)
- [65].Luminária Schreder para espaços verdes – (<http://goo.gl/36mpVb>) (06-03-2015)
- [66].Microsoft Office Professional Plus 2010 – Microsoft Access: [http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Access](http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Access) (18-03-2015)
- [67].Microsoft Office Professional Plus 2010 – Microsoft Excel: [http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Excel](http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel) (18-03-2015)
- [68].Microsoft Office Professional Plus 2010: [http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Office\\_2010](http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Office_2010) (18-03-2015)
- [69].Missouri Botanical Garden: <http://goo.gl/og0716> (18-03-2015)
- [70].Pépinières PLANFOR: <http://goo.gl/nnsRtA> (18-03-2015)
- [71].Regulamento de espaços verdes do concelho de Vila Nova de Gaia
- [72].Regulamento de espaços verdes do concelho de Vila Nova de Gaia: <http://www.parquebiologico.pt/userdata/regulamentoEVCG.pdf> (06-03-2015)

- [73].Regulamento de Sinalização Rodoviária proposto pelo Ministério da Administração Interna
- [74].Regulamento municipal de toponímia e numeração de polícia do concelho de Odivelas. Divisão de Planeamento Urbanístico e de Projectos Especiais (DGOU). De acordo com Lei Nº 169/99, de 18 de Setembro com as alterações da Lei Nº 5-A/2002, de 11 de Janeiro, que estabelece o quadro de competências das Autarquias Locais, atribui às Câmaras Municipais a competência para estabelecer a denominação das ruas e praças das povoações e estabelecer as regras de numeração dos edifícios
- [75].ROSITO Luciano Haas. (2009). As origens da iluminação Pública no Brasil. Disponível em <http://www.osetoreletrico.com.br>. Acesso em 18 de Março de 2012.
- [76].[Silva, S. \(2014\). Medidas de Eficiência Energética em Redes de IP. Tese de Mestrado. FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO.](#)
- [77].Using the ISA Basic Tree Risk Assessment Form: [http://www.isa-arbor.com/education/resources/isabasictr eeriskassessmentform\\_instructions.pdf](http://www.isa-arbor.com/education/resources/isabasictr eeriskassessmentform_instructions.pdf) (10-03-2015)