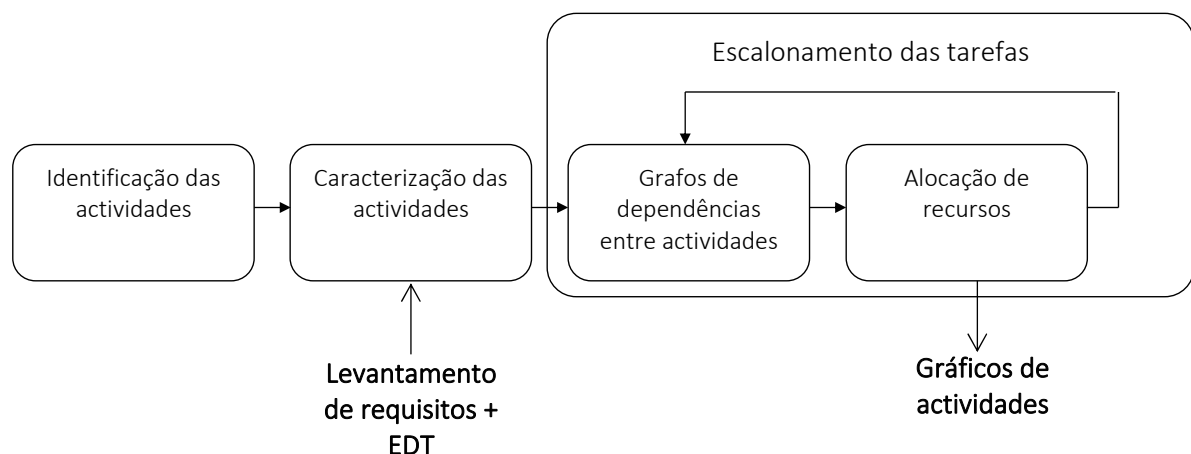


## Planeamento do projeto/Project planning

- É provavelmente a tarefa que mais tempo consome na gestão de um projeto;
- It is probably the task that consumes more time in project management;
- É uma atividade contínua, que vai desde a concepção inicial até à entrega do sistema;
- It is an ongoing activity, ranging from the initial conception to the delivery of the system;
- A planificação deve ser revista regularmente nomeadamente quando se tem acesso a nova informação (novos requisitos, novas tecnologias, etc.);
- Planning should be reviewed regularly, in particular when access to new information (new requirements, new technologies, etc.);

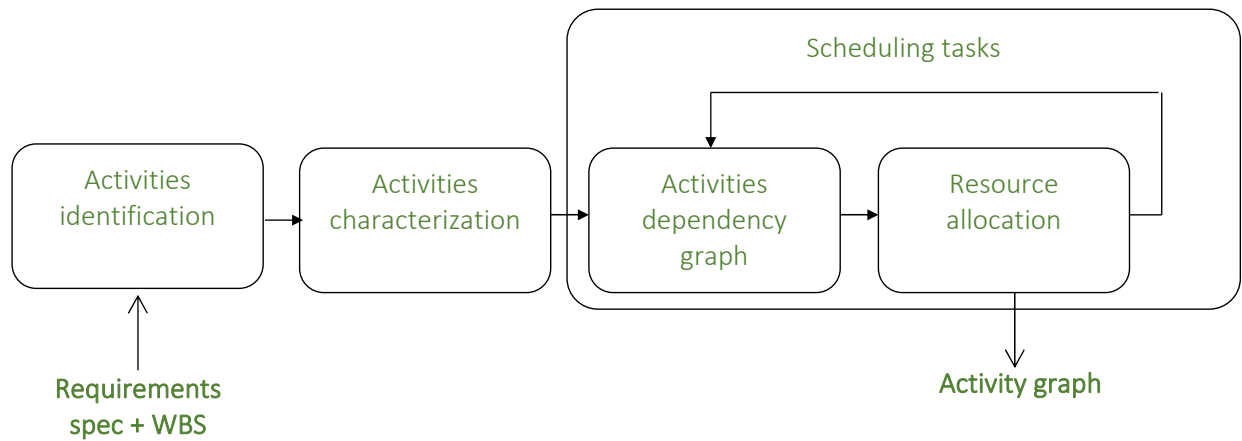
## Planeamento do projeto

### Fases do planeamento



## Project planning

### Planning stages



## Planeamento do projeto/Project planning

### Identificação das atividades/Activities identification

- A identificação das atividades visa decompor a realização do projeto em pequenas tarefas (atividades) que possam:
- The identification of the activities aims to decompose the project into small tasks (activities) that can:
  - ✎ Ser estimáveis em termos de tempo, recursos, custos;
  - ✎ Be estimable in terms of time, resources, costs;
  - ✎ Ser mensuráveis em termos de progressão;
  - ✎ Be measurable in terms of progression;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Identificação das atividades/Activities identification

- ✦ Ser limitadas no tempo (início e o fim) e com prazos aceitáveis;
- ✦ Be limited in time (beginning and end) and with acceptable deadlines;
- ✦ Produzir resultados significativos/ Produce significant results;
- ✦ Ser realizadas de forma independente das demais;
- ✦ Be carried out independently of the others;
- ✦ Ser exequíveis por um único indivíduo (projetos de software, ...);
- ✦ Be feasible by a single individual (software projects, ...);

## Planeamento do projeto/Project planning

### Identificação das atividades/Activities identification

- **Estrutura de Decomposição do Trabalho (EDT):** método de decomposição das tarefas de um projeto, numa estrutura hierárquica, no sentido de identificar as atividades necessárias à sua concretização;
- **Work Breakdown Structure (WBS):** method of decomposing the tasks of a project, in a hierarchical structure, in order to identify the activities necessary to its accomplishment;

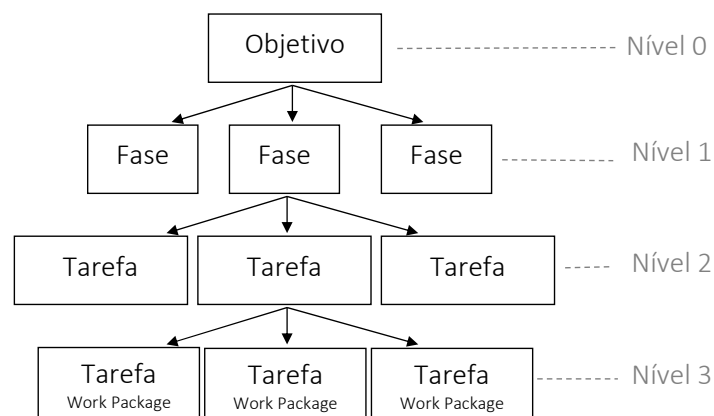
## Planeamento do projeto/Project planning

### Identificação das atividades/Activities identification

- O método consiste em ir dividindo as atividades em sub-atividades até se atingir o nível de detalhe necessário (*work package*);
- The method consists in dividing the activities into sub-activities until the necessary level of detail is reached (*work package*);
- A construção da EDT não tem em conta os recursos necessários, nem precedências entre atividades.
- The construction of the WBS does not take into account the necessary resources, nor precedence between activities.

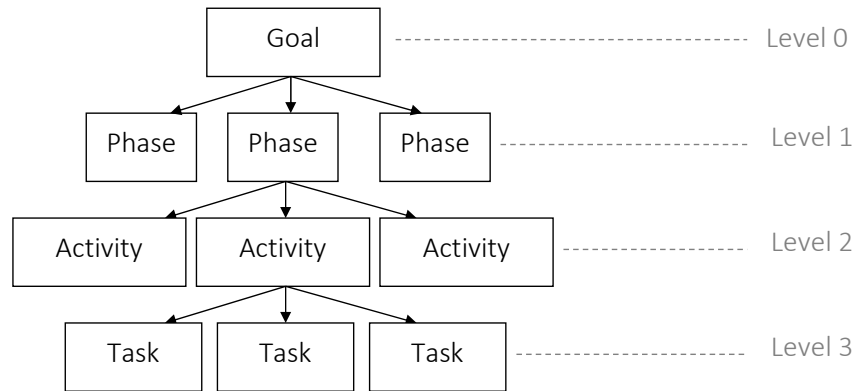
## Planeamento do projeto

### Identificação das atividades (EDT)



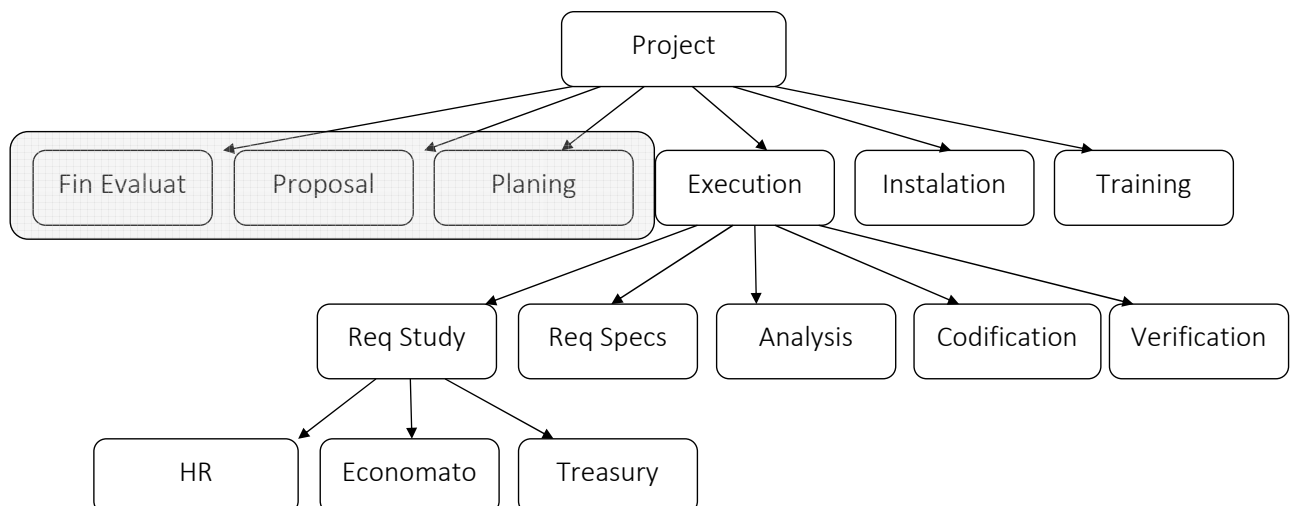
## Project planning

### Activities identification - WBS



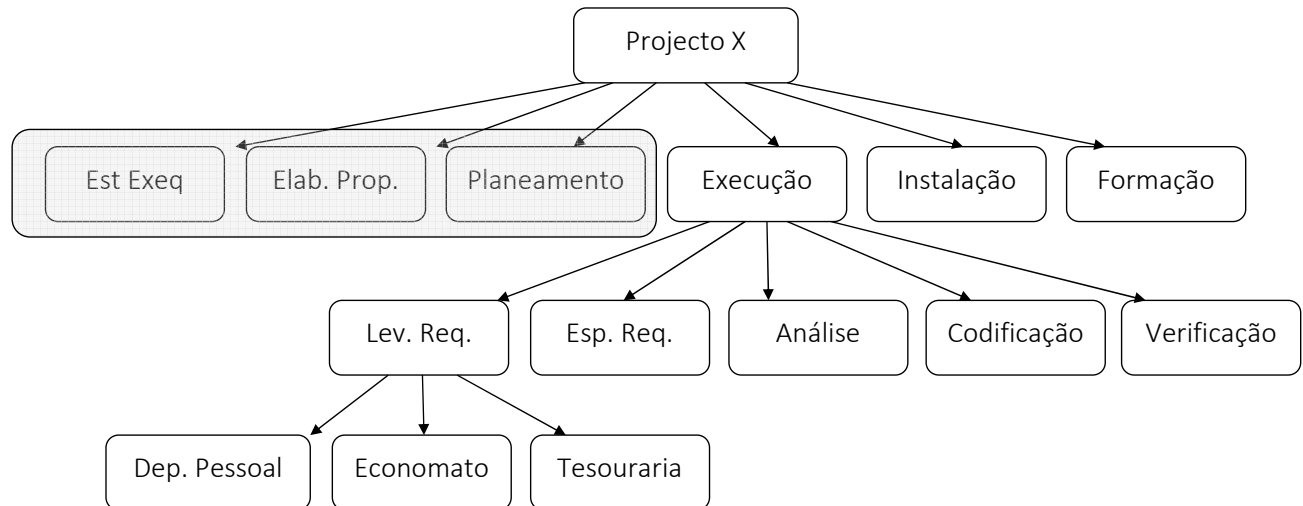
## Project planning

### Work Breakdown Structure (WBS) - Example



## Planeamento do projeto

### Estrutura de Decomposição do Trabalho - Exemplo



## Planeamento do projeto/**Project planning**

### Estrutura de Decomposição do Trabalho

#### Work Breakdown Structure

- A EDT deve contemplar todas as tarefas necessárias à boa execução do projeto, poderá inclusive incluir as próprias tarefas de gestão, quer sejam do processo, ou outras complementares como, por exemplo, as de gestão de risco ou de configurações;
- The WBS should include all the tasks necessary for the good execution of the project, it may include the own management tasks, whether of the process or other complementary tasks such as risk management or configuration;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Estrutura de Decomposição do Trabalho

#### Work Breakdown Structure

- De notar que a estrutura da EDT não define qualquer tipo de dependência entre atividades;
- Note that the WBS structure does not define any type of dependency between activities;
- Por exemplo, a gestão de risco é uma macro-tarefa que pode começar em simultâneo com o estudo de exequibilidade e terminar apenas aquando da conclusão do projeto;
- For example, risk management is a macro-task that can begin concurrently with the feasibility study and end only at project completion;

## Planeamento do projeto/Project planning

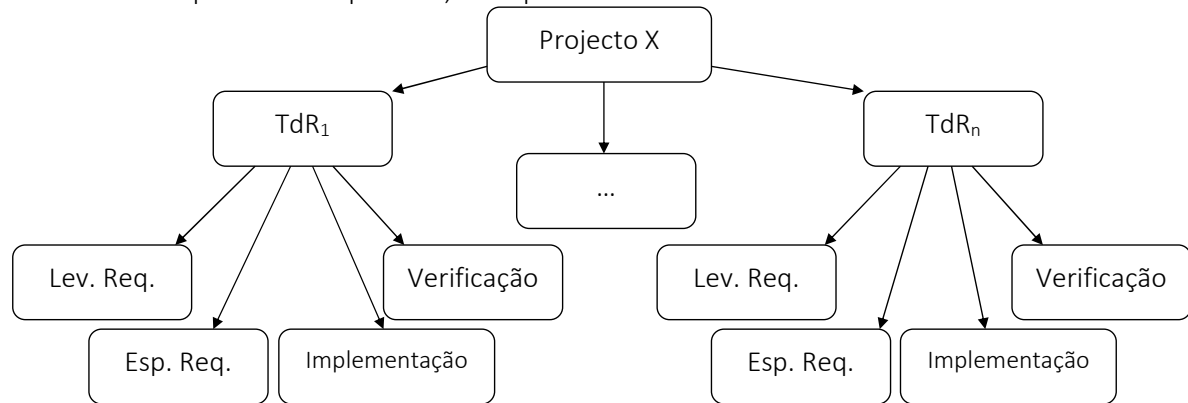
### Estrutura de Decomposição do Trabalho/Work Breakdown Structure

- O modelo de desenvolvimento adoptado, influencia a forma de construir a EDT;
- The adopted development model influences the way to construct WBS;
- O EDT pode inclusive ser construído através de diferentes abordagens;
- WBS can even be built through different approaches;
- No exemplo anterior, a construção da EDT faz-se segundo o processo de desenvolvimento e tendo em conta que o modelo adoptado é em cascata;
- In the previous example, the construction of the WBS is done according to the development process and taking into account that the adopted model is in cascade;

## Planeamento do projeto

### Estrutura de Decomposição do Trabalho

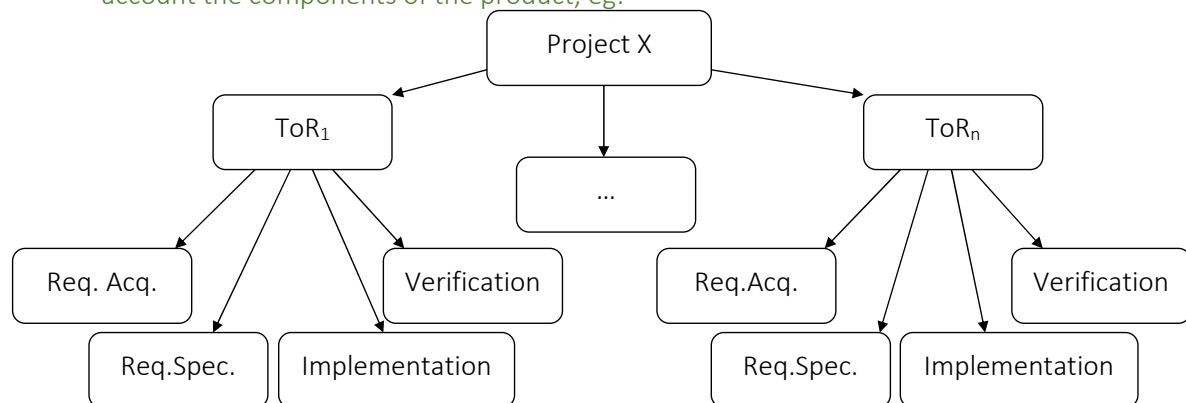
- É no entanto possível, utilizar outras abordagens, por exemplo, construir a EDT tendo em conta os componentes do produto, exemplo:



## Project planning

### Work Breakdown Structure

- It is, however, possible to use other approaches, for example, to construct the WBS taking into account the components of the product, eg:





## Planeamento do projeto/Project planning

### EDT/WBS

- De notar, no entanto, que, independentemente da área de intervenção, a maioria dos projetos segue um modelo de desenvolvimento, pelo que as tarefas de nível 1 correspondem normalmente às fases principais necessárias à boa execução do projeto. Como acontece no primeiro exemplo mostrado de uma EDT, em que a decomposição é feita em função das fases a realizar.
- It should be noted, however, that regardless of the area of intervention, most projects follow a development model, so level 1 tasks normally correspond to the main phases necessary for successful project execution. As happens in the first example shown of an WBS, where the decomposition is done according to the phases to be performed

## Planeamento do projeto/Project planning

### EDT/WBS

- Num projeto de software, e dependendo do modelo de desenvolvimento, as fases podem ser: o levantamento e especificação dos requisitos, a análise, a implementação, a verificação, etc.
- In a software project, and depending on the development model, the phases can be: the survey and specification of the requirements, the analysis, the implementation, the verification, etc.

## Planeamento do projeto/Project planning

### EDT/WBS

- Também é comum que o nível 2 represente as macro-atividades dentro de cada fase;
- It is also common for level 2 to represent the macro-activities within each phase;
- Que por vezes podem já corresponder a algumas das atividades finais (desde que permitam a sua caracterização conforme os critérios anteriormente definidos);
- That they can sometimes correspond to some of the final activities (as long as they allow their characterization according to the criteria previously defined);

## Planeamento do projeto/Project planning

### EDT/WBS

- Nos casos em que tal não acontece, é necessário proceder a nova decomposição até se obter um conjunto de atividades que possam ser devidamente caracterizadas;
- Where this is not the case, further decomposition is necessary until a set of activities can be properly characterized;
- Em muitas circunstâncias esta abordagem tem a vantagem de expor a sequência de execução das atividades.
- In many circumstances, this approach has the advantage of exposing the sequence of activities.

## Project planning

### WBS – Software architectures & Design oriented approach

- Architectural and component design skills can make a huge contribution to more assertive planning;
- The architectural design allows to decompose the solution into subsystems
  - ↳ When the solution is based on standard architectures, it becomes simpler to identify and characterize subsystems, as well as communication protocols;

## Project planning

### WBS – Suggestions for Web/Mobile projects

- Decompose by process dependent phases;
- For requirements, aggregate functionalities by Department, functional area, ...
- For Implementation phase:
  - ↳ ToR => functionalities (eventually, things that will result on non functional requirements)
  - ↳ Functionalities => User Interfaces (screens, views, pages, ...)
  - ↳ User Interfaces => API + Front End + Back – End
- Associate UX tests for front-end
- Associate unit tests for front and back-end components
- Associate integration tests for functionalities

## Project planning

### WBS – Suggestions for Web/Mobile projects

- Do not forget that your agreement with the customer is based on ToR;
- Implementation should be based on requirements;
- That will represent all the technical work necessary to supply the ToR;
- Including non functional requirements
- And functional requirements that are not supposed to be part of the ToR
- Like, things that are too technical, not relevant to the customer, that accomplish your standards and, so on.

## Project planning

### WBS – Suggestions for Web/Mobile projects

- Software projects may require theses stages:
  - ↳ Analysis: architecture design, component design, API, protocols, ER diagrams, ...
  - ↳ Codification (including unit tests)
  - ↳ (Incremental) Installation (servers, services, ...)/Deploy and setup;
  - ↳ Integration tests (full system)
  - ↳ Training;
  - ↳ Documentation;
  - ↳ Experimental period;
  - ↳ Optimizations and corrections;
  - ↳ Missing features (ToR)

## Planeamento do projeto/Project planning

### EDTC/HWBS

- Em projetos de maior complexidade ou dimensão, é comum haver uma versão de mais alto nível – a Estrutura de Decomposição de Trabalho Contratado (EDTC);
- In projects of greater complexity or of larger dimensions, it is common to have a higher level version - the Hired Work Breakdown Structure (HWBS);
- Nestes casos, a EDTC serve de ferramenta de controlo para as chefias e, eventualmente, para o cliente; e normalmente não inclui mais do que os três níveis;
- In these cases, the HWBS serves as a control tool for managers and, eventually, the client; and usually does not include more than the first three levels;

## Planeamento do projeto/Project planning

### EDTC/HWBS

- Nestas circunstâncias, é inclusive comum que a EDTC seja negociado diretamente com o cliente, para contratualizar os *timings* e *delivers* do produto.
- In these circumstances, it is even common for HWBS to be negotiated directly with the customer, to contract the timings and delivers of the product.
- Quando tal acontece, o gestor não tem liberdade para alterar a EDTC;
- When this happens, the manager is not free to change the HWBS;

## Planeamento do projeto/Project planning

### EDTC/HWBS

- Cabe-lhe trabalhar a EDT no sentido de construir uma versão mais detalhada, do EDTC, que serve para identificar, caracterizar e controlar todo o trabalho a realizar;
- It is up to WBS to work on a more detailed version of the HWBS, which is used to identify, characterize and control all the work to be performed (contracting);
- Os níveis a acrescentar à EDTC para se obter a EDT, estão essencialmente dependentes da granularidade necessária para o gestor conseguir delegar e controlar a execução das atividades.
- The levels added to the HWBS to get the WBS are dependent of the granularity required for the manager the activities.

## Planeamento do projeto/Project planning

### EDTC – Regras de desenvolvimento

#### HWBS - Development rules

- Só pode existir uma EDTC por contrato;
- There can only be one HWBS per contract;
- É o cliente, e não quem desenvolve, que é o principal dono da EDTC;
- It is the customer, not the developer, that is the main owner of HWBS;
- A EDT é uma extensão natural da EDTC;
- WBS is a natural extension of HWBS;
- A EDTC é um dos elementos acordados aquando das negociações do contrato;
- The HWBS is one of the elements agreed upon during the contract negotiations;

## Planeamento do projeto/Project planning

### EDTC – Regras de desenvolvimento

#### HWBS - Development rules

- O nível 3 da EDTC é normalmente utilizado como nível de relato (produção de relatórios, apresentações, etc) para efeitos de facultar informação de execução ao cliente;
- HWBS level 3 is usually used as reporting level (reporting, presentations, etc.) for the purpose of providing customer execution information;
- O tipo de relato a facultar faz parte das negociações do contrato e, sempre que é efetuado, tal deve ser assinalado no EDTC (é um deliver do EDTC);
- The type of report to be provided is part of the contract negotiations and, whenever it is done, this must be indicated in the HWBS (it is a HWBS deliver);

## Planeamento do projeto/Project planning

### EDTC – Regras de desenvolvimento

#### HWBS - Development rules

- Uma vez criada a EDTC, esta deverá permanecer inalterável durante a vida do contrato;
- Once created the HWBS, it shall remain unchanged for the life of the contract;
- As alterações à EDTC só devem ser permitidas se resultarem de alterações contratuais;
- HWBS changes should only be allowed if they result from contractual changes;
- Todo o trabalho contratado deve estar identificado na EDTC.
- All contracted work must be identified in the HWBS.

## Planeamento do projeto/Project planning

Em resumo, o EDT tem quatro funções fundamentais

In summary, WBS has four fundamental functions:

- Ferramenta de processo: É um processo rigoroso que permite ao gestor visualizar de modo exacto como o trabalho de projeto pode ser eficazmente definido e gerido;
- Process tool: It is a rigorous process that allows the manager to accurately visualize how the project work can be effectively defined and managed;

## Planeamento do projeto/Project planning

Em resumo, o EDT tem quatro funções fundamentais

In summary, WBS has four fundamental functions:

- Ferramenta de desenho arquitectural: Com alguns cuidados, a EDT pode reflectir os componentes a desenvolver e a interligação entre estes, funcionando como uma ferramenta de validação arquitectural;
- Architectural design tool: With some care, the WBS can reflect the components to be developed and the interconnection between them, functioning as an architectural validation tool;



## Planeamento do projeto/Project planning

Em resumo, o EDT tem quatro funções fundamentais

In summary, EBT has four fundamental functions:

- Ferramenta de planeamento: É uma ferramenta fundamental que não só permite identificar as atividades, como ter uma representação integrada, detalhada e organizada dessas atividades. Permite perceber o que é que compõe cada uma das fases; o que é necessário realizar para concluir uma macro-atividade, etc
- Planning tool: It is a fundamental tool that not only allows to identify the activities, but also to have an integrated, detailed and organized representation of these activities. It allows to perceive what it is that composes each one of the phases; what you need to accomplish to complete a macro activity, etc.

## Planeamento do projeto/Project planning

Em resumo, o EDT tem quatro funções fundamentais

In summary, WBS has four fundamental functions:

- Ferramenta de controlo: O EDT é uma ferramenta útil mesmo após o planeamento, pois faculta uma visão detalhada do que está concluído e do falta realizar, permitindo inclusive apurar a taxa de cumprimento das atividades intermédias.
- Control tool: WBS continues to be a useful tool even after planning, as it provides a detailed view of what is completed and of the lack of accomplishment, allowing even to determine the rate of compliance of intermediate activities.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Caracterização das atividades/Activities characterization

Uma vez identificadas as atividades, é necessário proceder à sua caracterização:

Once the activities have been identified, it is necessary to characterize them:

- Muito concretamente definir o que é para fazer e quais os *delivers*;
- Very concretely define what is to do and what are the delivers.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Caracterização das atividades/Activities characterization

- Quais os recursos necessários, nomeadamente:
- What resources are needed, including:
  - ↳ Em termos de tempo/*In terms of time*;
  - ↳ Recursos materiais (equipamentos, licenças, etc.).
  - ↳ Material resources (equipment, licenses, etc.).
- Perfil do executante/*Profile of the performer*;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Caracterização das atividades/Activities characterization

- Quais as dependências com as restantes tarefas (define quando deve ser feito);
- What are the dependencies with the remaining tasks (defines when it should be done);
- Quais os critérios de avaliação e de sucesso.
- What are the evaluation and success criteria?

## Planeamento do projeto/Project planning

### Caracterização das atividades/Activities characterization

A caracterização de uma atividade pode conter outros elementos, a saber:

The characterization of an activity may contain other elements, namely:

- O orçamento disponível (pode ser expresso monetariamente, homens-hora, etc);
- The available budget (can be expressed monetarily, hourly, etc);
- Riscos da atividade;
- Activity risks;
- Planeamento da monitorização, formação e outros;
- Monitoring, training and other planning;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Caracterização das atividades/Activities characterization

- Proposta dos executantes;
- Proponents' proposal;
- Proposta de alternativas/opções técnicas;
- Proposal of technical alternatives/options;
- Proposta de contratação de *outsourcing*;
- Proposal of outsourcing contracting;
- Etc.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Estimating deadlines, costs and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Uma vez identificadas as tarefas, é fundamental estimar o tempo, custo e recursos necessários à sua execução;
- Once the tasks are identified, it is essential to estimate the time, cost and resources required to execute them;
- Estimar bem é essencial para o sucesso do projeto. É como tal, parte fundamental do processo de gestão do projeto (planeamento);
- Assertively estimate values is essential to the success of the project - it is a fundamental part of the project management process (planning);

## Planeamento do projeto/Project planning

### Estimating deadlines, costs and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Estimar as necessidades inerentes à execução de uma tarefa e a partir daí inferir os custos de desenvolvimento (recursos/mão-de-obra) é uma tarefa difícil;
- Estimate the needs to execute a task (complexity, size, skills,...) and from there infer the development costs (resources / labor) is a difficult task;
- E é dependente da experiência/intuição do gestor (do conhecimento que tem do staff, do tempo e recursos necessários à realização das tarefas ordinárias, etc);
- And highly dependent of the experience and intuition of the project manager (knowledge about the staff, time and resources needed to perform ordinary tasks, etc.);

## Planeamento do projeto/Project planning

### Tipos de custo/Type of costs

A natureza dos custos é muito diversificada/The nature of the costs is very diverse:

- Custos diretos/Direct costs:
  - ↳ Custos de mão-de-obra, diretos e indiretos (seguros, impostos, etc);
  - ↳ Direct and indirect labor costs (insurance, taxes, etc.);
  - ↳ Custos de material/Cost with raw material;
  - ↳ Custos de equipamento/Costs with equipment;
  - ↳ Custos de subcontratação/ Costs with subcontracts

## Planeamento do projeto/ Project planning

### Tipos de custo/Type of costs

- Custos indiretos/Indirect costs:
  - ↳ Custos de projeto que são transversais às várias atividades do projeto.
  - ↳ Project costs that are transversal to the several activities of the project.
  - ↳ Ex.: Gestão do projeto, computadores de uso genérico (servidores), etc;
  - ↳ For example: project management, generic computers, servers, etc.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Tipos de custo/Type of costs

- Custos de nível empresarial/Enterprise-level/Business costs
  - ↳ Aluguer do escritório, representação legal, publicidade, etc;
  - ↳ Office rental, legal representation, advertising, etc;
  - ↳ Risco inerente ao projeto;
  - ↳ Risk of the project.

## Planeamento do projeto/Project planning

Estimativa de prazos, custos e recursos – métricas

Estimated deadlines, costs, and resources - metrics

- Fatores possíveis de serem estimados/Metrics that could be estimated:
  - ↳ Esforço em pessoas-mês, pessoas-dia ou pessoas-hora;
  - ↳ Effort in people-month, people-day or people-hour;
  - ↳ Duração em meses ou semanas do calendário;
  - ↳ Duration in calendar months, weeks or days;
  - ↳ Custo do projeto/Project cost; ...

## Planeamento do projeto/Project planning

Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Um modelo de estimação eficaz considera pelo menos:
- An effective estimation model considers at least:
  - ↳ A dimensão da atividade/The size of the activity;
  - ↳ A complexidade da atividade/The complexity of the activity;
  - ↳ Os fatores de risco/Risk factors.

## Planeamento do projeto/Project planning

Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Variabilidade do esforço necessário à realização das várias atividades:
- Variability of effort required to carry out the distinct tasks:
  - ↪ Níveis de aptidão (considerar pessoas com níveis médios de aptidão);
  - ↪ Skill levels (it should be consider people with average skill levels);
  - ↪ Eventos inesperados (atrasos de fornecedores, incumprimento de outsourcings, etc);
  - ↪ Unexpected events (supplier delays, non-compliance of outsourcings, etc);

## Planeamento do projeto/Project planning

Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Variabilidade do esforço necessário à realização das várias atividades:
- Variability of effort required to carry out the distinct tasks:
  - ↪ Eficiência do tempo de trabalho/Working time efficiency;
  - ↪ Erros e incompreensões/ Mistakes and misunderstandings..



## Planeamento do projeto/Project planning

Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Métodos para estimar o esforço das atividades:
- Methods to estimate the effort of the activities:
  - ↳ Experiência anterior/Previous experience;
  - ↳ Dados históricos/Historical data;
  - ↳ Índices de produtividade/Productivity indicators;
  - ↳ Consultores especializados/Specialized consultants/advisors;
  - ↳ Técnica Delphi, técnicas dos três pontos, etc.
  - ↳ Delphi technique, three-point techniques, etc.

## Planeamento do projeto/Project planning

Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Técnica Delphi Intervalar: visa efectuar a estimativa com base no conhecimento colectivo do grupo de trabalho. Consiste em repetir o seguinte procedimento duas a três vezes:
- Delphi technique: aims to estimate based on collective knowledge of the work group. It consists of repeating the following procedure two to three times:
  - ↳ Cada participante, com base na sua experiência e nos argumentos dos seus colegas, deve efetuar uma estimativa (por atividade);
  - ↳ Each participant, based on their experience and the arguments of their colleagues, should propose an estimate value (for each task)

## Planeamento do projeto/Project planning

### Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- ↗ As estimativas dos vários indivíduos são ordenadas de forma crescente e calcula-se a mediana e os quartis inferior e superior;
- ↗ The proposed values are sorted and it is computed the median and the lower and upper quartiles;
- ↗ Por exemplo: 20, 21, 23, 25,26 => Mediana = 23  $Q_{1/4}=21$ ,  $Q_{3/4}=25$
- ↗ For exemple: 20, 21, 23, 25,26 => Median = 23  $Q_{1/4}=21$ ,  $Q_{3/4}=25$
- ↗ Os participantes cujas estimativas caem nesses quartis devem justificar a sua posição.
- ↗ The participants whose estimates fall into these quartiles should justify their position.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Técnica Delphi (cont.)/Delphi technique (cont.):
  - ↗ Uma vez escutadas as explicações, é feita uma segunda ronda de estimativas por todos os presentes;
  - ↗ Once the explained the proposed values, a second round of estimates should be made by all presents;
  - ↗ Novo cálculo dos quartis inferior e superior e nova argumentação;
  - ↗ Recalculation of lower and upper quartiles and new argumentation;

## Planeamento do projeto/Project planning

Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Técnica Delphi (cont.)/Delphi technique (cont.):
  - ↳ Nova votação (terceira ronda), finda a qual, se calcula a média que é utilizada para efeitos de estimativa.
  - ↳ New vote (third round), after which, it is computed the average value, the one that should be used as estimated value for the task.

## Planeamento do projeto/Project planning

Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

Técnica dos três pontos/Three points technique:

- A duração da atividade é uma variável com um certo grau de incerteza;
- The duration of an activity is variable with a certain degree of uncertainty;
- Se fosse possível repetir a atividade por várias vezes e em circunstâncias idênticas, as durações apresentariam variações;
- If we repeat the activity several times and under identical circumstances, the duration will fluctuate;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

Técnica dos três pontos/Three points technique (cont.):

- Essas variações poderiam oscilar à volta de um valor central ou estarem completamente dispersas;
- These variations could fluctuate around a central value or be completely dispersed;
- No primeiro caso, o valor central seria uma excelente estimativa para a duração da atividade;
- In the first case, the central (average) value would be an excellent estimation for the duration of the activity;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- No segundo caso, permitiria pelo menos apurar os limites inferiores e superiores da duração;
- In the second case, it would at least allow to determine the lower and upper limits of the activity duration;
- A técnica dos três pontos tem por base este princípio. Utiliza para tal, três estimativas da duração da atividade:
- The three-point technique is based on this principle. It uses three estimate values of the activity duration:

## Planeamento do projeto/Project planning

Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- ↳ A otimista – que define a mais curta duração estimada para a atividade;
- ↳ The optimist - which defines the shortest estimated duration;
- ↳ A pessimista – que define a mais longa duração estimada para a atividade;
- ↳ The pessimist - which defines the longest estimated duration;
- ↳ A mais provável – aquela que se espera ser a duração para atividade (equivalente à mais provável);
- ↳ Most probable - the expected or most probable duration of the activity;

## Planeamento do projeto/Project planning

Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Estes valores são determinados tendo por base a memória coletiva dos profissionais consultados ou envolvidos no projeto;
- These values are estimated based on the collective memory of the professionals consulted or involved in the project;
- No final, é efetuada uma média ponderada entre estes valores, tal que:
- At the end, a weighted average is made between these values, such that:

$$Avg_{value} = \frac{Optimist_{Time} + 4 * Probable_{Time} + Pessimist_{Time}}{6}$$

## Planeamento do projeto/Project planning

### Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- Há ainda que ter em conta que a produtividade não é proporcional ao número de pessoas que trabalham na tarefa;
- It is important to remember that productivity is not proportional to the number of people working on the task;
  - ↳ Adicionar mais pessoas a uma tarefa não se traduz em ganhos da mesma proporção (comunicação, integração, atualização de conhecimento, ...);
  - ↳ Adding more people to a task does not result necessarily into gains of the same proportion (costs of communication, knowledge upgrading, integration, ...);

## Planeamento do projeto/Project planning

### Estimated deadlines, costs, and resources (Estimativa de prazos, custos e recursos)

- E como o imprevisto acontece sempre ... o planeamento deve ser efetuado para comportar qualquer contingência que possa ocorrer, mas principalmente as que são mais previsíveis (ver gestão de risco).
- And as the unforeseen always happens ... planning must be carried out to accommodate any contingencies that may occur, but especially those that are more predictable (see risk management).

## Planeamento do projeto/Project planning

### Dependências entre atividades/Dependencies between activities

- É também imprescindível analisar o tipo de dependências entre tarefas;
- It is also essential to analyze the type of dependencies between tasks;
- E, se possível, minimizar o seu número uma vez que isto permite:
- And, if possible, minimize the number and the strenght among of the dependencies. This allows:
  - ↳ Reduzir os efeitos de propagação de atrasos;
  - ↳ Reduce the effects of delay propagation;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Dependências entre atividades/Dependencies between activities

- ↳ Simplificar o escalonamento das tarefas;
- ↳ Simplify the scheduling of the tasks;
- ↳ Ter um processo de desenvolvimento e de gestão mais eficientes.
- ↳ Have a more efficient development and management process.

## Planeamento do projeto/Project planning

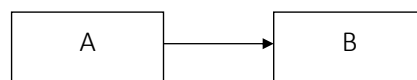
### Dependências entre atividades/Dependencies between activities

- O que a nível técnico pode ser conseguido com metodologias próprias para a decomposição do desenho da aplicação (definição de interfaces/API) ou da utilização de simuladores e sistemas de teste.
- Which can be achieved at the technical level with appropriate methodologies of product design techniques (API) and/or with the use of simulators and test systems.

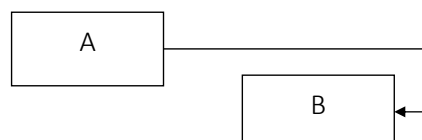
## Planeamento do projeto/Project planning

### Dependências entre atividades/Dependencies between activities

- Relação Finish to Start: B pode começar quando A termina
- Finish to Start relationship: B can begin when A ends



- Relação FF: B pode terminar quando A termina
- Finish to Finish relationship: B may end when A ends

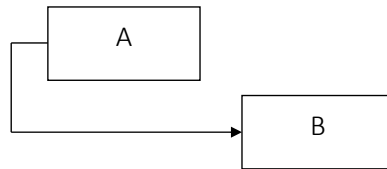




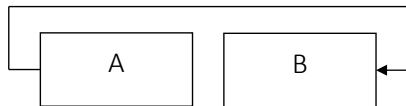
## Planeamento do projeto/Project planning

### Dependências entre atividades/Dependencies between activities

- Relação SS: B pode começar quando A começa
- Start to Start relationship: B can begin when A begins



- Relação SF: B pode terminar quando A começa
- Start to finish relationship: B can end when A begins



## Planeamento do projeto/Project planning

### Dependências entre atividades/Dependencies between activities

- Uma vez identificadas as tarefas e estimado o tempo, custo e recursos necessários à sua execução, procede-se ao escalonamento;
- Once the tasks are identified and the time, cost and resources required for their execution are estimated, the scheduling is carried out;
- Procedimento que visa alocar recursos às tarefas, definir prazos e estabelecer datas efetivas de início e de conclusão, tendo em conta as dependências entre tarefas;
- Procedure that aims to allocate resources to the tasks, define deadlines and establish effective dates of start and completion, taking into account the dependencies between tasks;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Dependências entre atividades/Dependencies between activities

- Tendo sempre presente a otimização dos recursos, tentando sempre que possível organizar as tarefas de forma a serem executadas concorrentialmente.
- Always keeping in mind the optimization of resources, trying whenever possible to organize the tasks in order to be concurrently executed.
- O escalonamento é normalmente feito com recurso a gráficos de Gantt ou de Diagramas de Rede
- Scheduling is usually done using Gantt charts or Network Diagrams;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Dependências entre atividades/Dependencies between activities

- Os gráficos de Gantt são particularmente adequados a projetos de menor dimensão (poucas tarefas, dependências e restrições), uma vez que por si só não contêm mecanismos para determinar o escalonamento ótimo ou inclusive controlar a quantidade de recursos disponíveis;
- Gantt charts are particularly suited to smaller projects (few tasks, dependencies and constraints), since they alone do not contain mechanisms to determine optimal scheduling or even control the amount of available resources;

## Planeamento do projeto/Project planning

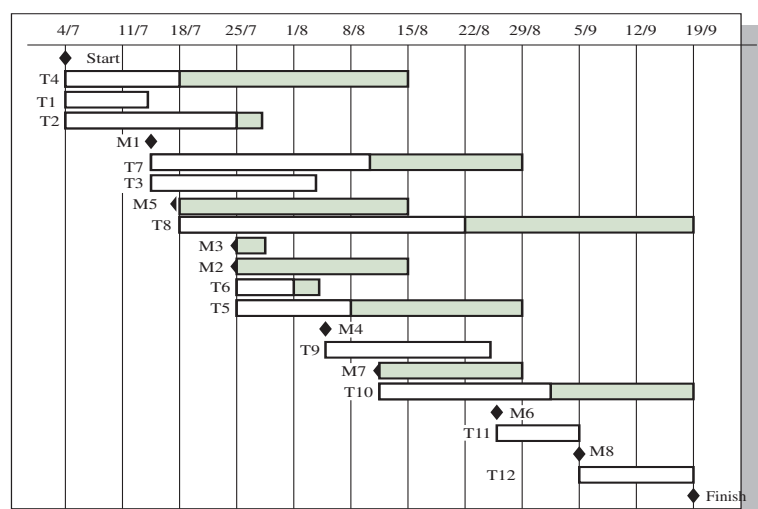
### Dependências entre atividades/Dependencies between activities

- Utilizados pelo Engenheiro Henry L. Gantt aquando da primeira grande guerra (1917) para planear a produção e entrega de munições;
- Used by Engineer Henry L. Gantt during the first major war (1917) to plan the production and delivery of ammunition;
- Atividades enumeradas no eixo vertical/Activities listed on the vertical axis;
- A duração das atividades está representada no eixo horizontal/The duration of activities (time scale) is represented on the horizontal axis;
- São facilmente interpretáveis e eficientes como ferramenta de comunicação/They are easily interpretable and, as such, very efficient as a communication tool;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Escalonamento das tarefas - Gráficos de Gantt

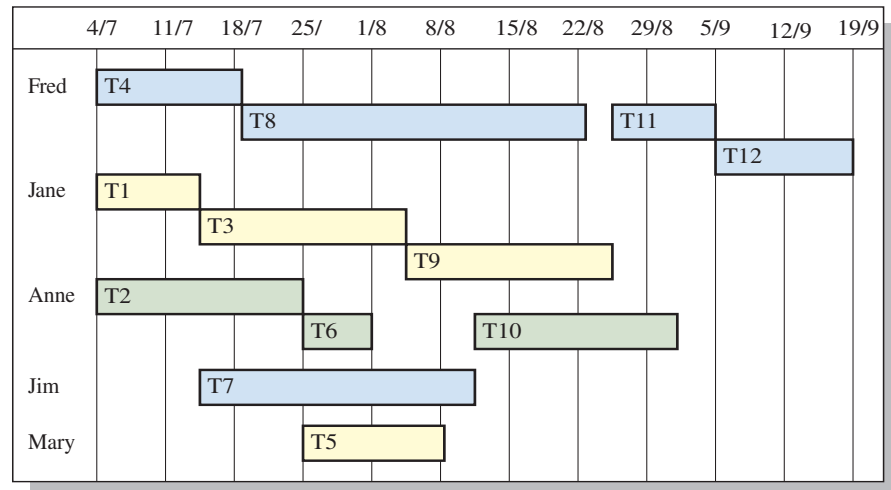
### Task Scheduling - Gantt charts



## Planeamento do projeto/Project planning

Gráficos de Gantt – Alocação de recursos

Grantt charts – Resource Allocation



## Planeamento do projeto/Project planning

Escalonamento das tarefas - Gráficos de Gantt

Task Scheduling - Gantt charts

- São, no entanto, mais adequados para projetos de pequena e média dimensão;
- They are suitable for small and medium-sized projects;
- Pois, com o aumento do número de atividades, tornam-se pouco legíveis;
- With the increase of the number of activities, they become scarcely legible;
- São particularmente eficientes como forma de reportar, isto é, de mostrar;
- They are particularly efficient as a way of reporting, that is, of showing;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Escalonamento das tarefas - Gráficos de Gantt

#### Task Scheduling - Gantt charts

- Mas pouco adequados para efeitos de cálculo e de tratamento computacional;
- But little suitable for calculation and computational purposes;
- Isto porque essencialmente identificam atividades, o seu tempo de execução e as respetivas dependências.
- This is because they essentially identify activities, their execution time, and their dependencies.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Escalonamento das tarefas/task scheduling – Gantt Charts

- O gráfico de Gantt pode ser adaptada para representar outros conceitos importantes:
- The Gantt chart can be adapted to represent other relevant concepts, such as:
  - ↪ Os recursos alocados a cada atividade/Allocation of resources to tasks;
  - ↪ O tipo de dependência/Distinct dependency types;
  - ↪ Representação do caminho crítico/Critical path
  - ↪ De forma implícita, as folgas/time gaps
  - ↪ Estado de execução das tarefas/Task execution status

## Planeamento do projeto/Project planning

### Escalonamento das tarefas/task scheduling – Gantt Charts

- ↳ Os milestones – tarefas de duração zero que assinalam momentos de controlo do projeto (normalmente correspondem à conclusão de atividades críticas, ou das quais resultem artefactos relevantes);
- ↳ Milestones - zero-duration tasks that sign moments of project control (usually corresponding to completion of critical activities, or resulting in relevant artifacts);

## Planeamento do projeto/Project planning

### Escalonamento das tarefas/task scheduling – Gantt Charts

- ↳ Aninhamento de gráficos/Graph nesting;
- ↳ Também conhecido por/Also known as:
- ↳ Atividades Hammock – Grafismo que visa representar conjuntos de atividades. O tempo de uma atividade Hammock corresponde à mais longa sequência das atividades nela contida.
- ↳ Hammock Activities - Graphics that are meant to represent sets of activities. The time of a Hammock activity corresponds to the longest sequence of activities in it.

## Planeamento do projeto/Project planning

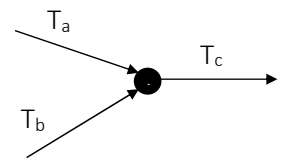
### Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede – Conceitos

#### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts

- Os Diagramas de Rede são grafos em que os ramos definem dependências e os ramos representam as atividades;
- The Network Diagrams are graphs in which the branches define dependencies and the branches represent the activities;
- Exemplo/Example:

(O início de  $T_c$  está dependente da conclusão de  $T_a$  e  $T_b$ )

(The onset of  $T_c$  is dependent on completion of  $T_a$  and  $T_b$ )



## Planeamento do projeto/Project planning

### Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede – Conceitos

#### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts

- Particularmente adequados para serem trabalhados computacionalmente e com recurso a algoritmos próprios (uma vez que são grafos), os quais permitem:
- Particularly suitable for computational work and using own algorithms (since they are graphs), which allow:
  - ↳ Estimar a duração do projeto/ Estimate the duration of the project;
  - ↳ Determinar as datas de início e de conclusão das atividades;
  - ↳ Ascertain the start and end dates of the activities;

## Planeamento do projeto/Project planning

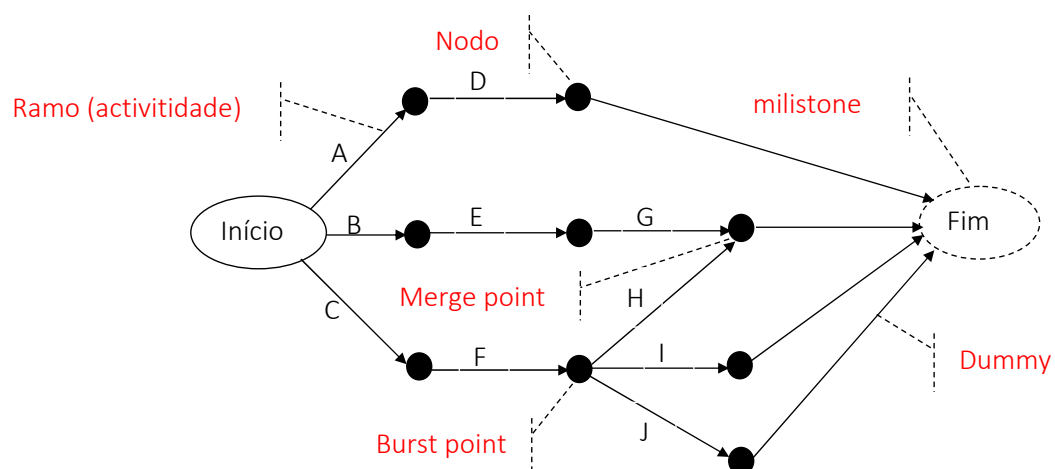
### Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede – Conceitos

#### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts

- ↪ Determinar o caminho crítico/ Determine the critical path;
- ↪ Determinar as folgas por atividade/ Determine the clearances by activity;
- ↪ Determinar que atividades podem ser realizadas de forma concorrential;
- ↪ Determine what activities can be carried out concurrently;
- ↪ Apurar a probabilidade do projeto ser concluído na data estimada.
- ↪ Determine the probability to complete the project on the estimated date.

## Planeamento do projeto

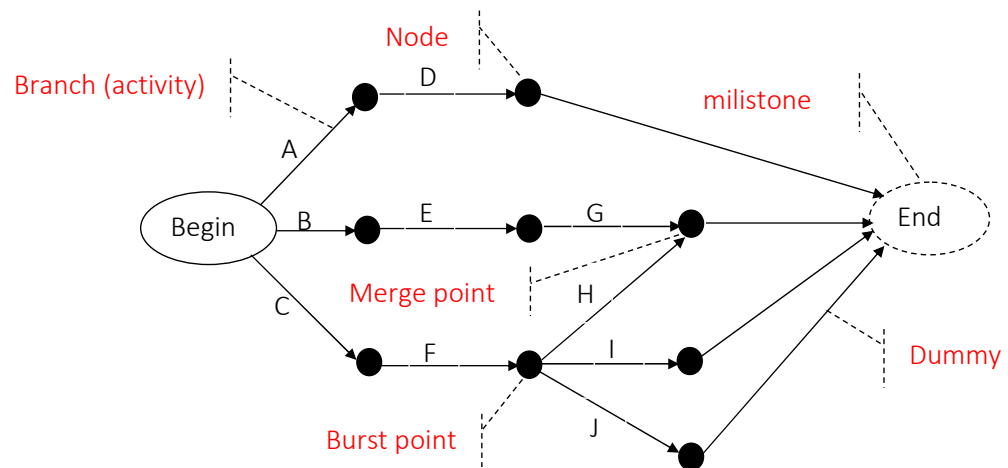
### Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede - Conceitos





## Project planning

### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts



## Planeamento do projeto/Project planning

### Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede – Conceitos

### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts

- **Atividade:** Esforço, que requer tempo e recursos, com o objetivo de realizar um conjunto de operações;
- **Activity:** Effort, which requires time and resources, with the purpose of accomplishing a set of operations;
- **Nodo:** Permitem definir dependências entre atividades que concluem e outras que iniciam;
- **Node:** Allows you to define dependencies between activities that complete and others that start;

## Planeamento do projeto/**Project planning**

### Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede – Conceitos

#### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts

- **Dummy:** Atividade com tempo de duração zero que serve para representar relações lógicas entre atividades;
- **Dummy:** activity with zero duration time that serves to represent logical relationships between activities;

## Planeamento do projeto/**Project planning**

### Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede – Conceitos

#### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts

- **Milestone:** Normalmente considerado como uma atividade de tempo zero, que representa um momento importante no ciclo de vida do projeto. Aqui representados por nodos, mas atenção que nem todos os nodos correspondem a milestones.
- **Milestone:** Usually considered as a zero-time activity, which represents an important moment in the project life cycle. Here are represented by nodes, but not all nodes are milestones.

## Planeamento do projeto

### Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede - Conceitos

- **Restrição/precedência:** Relação que estabelece a ordem topológica para a realização de duas atividades. A atividade que precede condiciona a execução/realização da que é precedida.
- **Restriction / precedence:** Relationship that establishes the topological order to perform two activities. The activity that precedes conditions the execution / accomplishment of the one that is preceded.
- **Atividade precedente:** Atividade que imediatamente precede à que está a ser considerada;
- **Previous activity:** Activity that immediately precedes the one being considered;

## Planeamento do projeto/**Project planning**

### Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede – Conceitos

### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts

- **Atividade sucessora:** Atividade que imediatamente sucede a que está a ser considerada;
- **Sucess Successor activity:** Activity that immediately happens to be considered;
- **Merge point:** Ocorre sempre que duas ou mais atividades precedem um mesmo nodo (merge point);
- **Merge point:** Occurs whenever two or more activities precede the same node. (merge point);

## Planeamento do projeto/Project planning

Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede – Conceitos

### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts

- **Burst point:** Ocorre sempre que duas ou mais atividades têm início num mesmo nodo;
- **Burst point:** Occurs whenever two or more activities start at the same node;
- **Network (rede):** Grafo que resulta de todas as atividades do projeto;
- **Network:** Graph resulting from all project activities;

## Planeamento do projeto/Project planning

Escalonamento das tarefas – Diagramas de Rede – Conceitos

### Scheduling tasks - Network diagrams - Concepts

- **Caminho:** Sequência de conexões entre atividades que ligam dois eventos da rede.
- **Path:** A sequence of connections between activities that connect two network events.
- **Caminho crítico:** Corresponde ao caminho que liga o nodo Inicial ao Final e que tem maior duração - define assim a duração do projeto.
- **Critical Path:** Corresponds to the path that connects the Start to the End node and that has the longest duration - thus defines the duration of the project.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks

- Program Evaluation and Review Technique - PERT
- Técnica de avaliação e revisão de projetos criada em meados do século passado;
- Project review and evaluation technique created in the middle of the last century;
- Que visa obter o escalonamento otimizado das tarefas tendo por base as suas dependências e tempo estimado para a sua duração;
- That aims to obtain optimum scheduling of tasks based on their dependencies and estimated time for their duration;

## Planeamento do projeto/Project planning

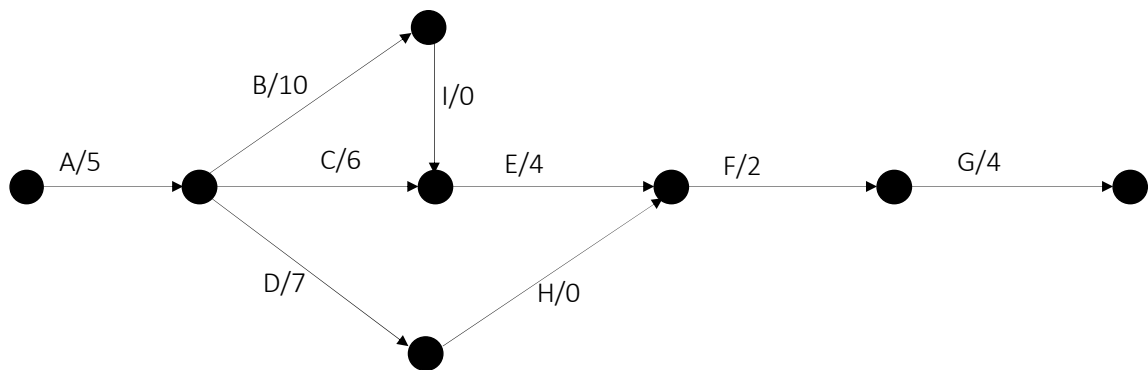
### Redes de PERT/PERT networks

- Utiliza diagramas de rede, em que cada ramo representa uma atividade e cada vértice um acontecimento (um milestone, início ou fim de atividades, ponto de dependência entre atividades);
- Uses network diagrams, where each branch represents an activity and each vertex an event (a milestone, beginning or end of activities, point of dependency between activities);

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks

- Cada ramo da rede está decorado com a identificação da atividade e respetiva duração:
- Each branch of the network is decorated with the identification of the activity and its duration:



## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks

- A informação contida na rede pode ser representada sob a forma de uma tabela:
- The information contained in the network can be represented in the form of a table:

Ativity	Previous	Duration
A		5
B	A	10
C	A	6
D	A	7
E	{ I, C }	4

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks

Comparativamente com os gráficos de Gantt, permite:

Compared to Gantt charts, it allows you to:

- Identificar tarefas que possam ser executadas concorrentemente;
- Identify tasks that can be performed competitively;
- Determinar o caminho crítico da execução de um projeto;
- Determine the critical path of the execution of a project;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks

Comparativamente com os gráficos de Gantt, permite:

Compared to Gantt charts, it allows to:

- Determinar as folgas relativas e totais;
- Determine the free and total slacks;
- E de forma genérica, uma série de outros parâmetros relacionados com o tempo de início e de conclusão de cada atividade.
- And in a generic way, a series of other parameters related to the start and completion time of each activity.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks

As redes de PERT permitem assim responder a questões como:

The PERT networks thus allow answering questions such as:

- Que atividade tem que estar concluídas para dar início a uma dada atividade?
- What activity has to be completed to start a given activity?
- Que atividades dependem da conclusão de uma dada tarefa
- What activities depend on the completion of a given task?
- Quais as atividades que influenciam diretamente a duração do projeto?
- What activities directly influence the duration of the project?

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks

As redes de PERT permitem assim responder a questões como:

The PERT networks thus allow answering questions such as:

- Qual a folga que uma dada atividade tem?
- What is the amount of time a given activity has?
- Até quando é possível adiar o início de uma dada atividade?
- How long is it possible to delay the start of a given activity?
- ...



## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks – Algorithm

- Passo 1: Determinar a lista de atividades/Determine the list of project activities;
- Passo 2: Para simplificar a representação da rede de PERT, deve-se associar um identificador a cada atividade. Toda a informação sobre as atividades que não seja fundamental para efeitos da construção e cálculos deve ser mantida à parte, num dicionário, em que a chave é o identificador definido nesta fase;
- Step 2: To simplify the representation of the PERT network, an identifier must be associated with each activity. All information on activities that is not critical to the construction and calculations should be kept separate in a dictionary where the key is the identifier defined at this stage;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks – Algorithm

- Passo 3: Estimar o tempo necessário à execução de cada atividade e as respetivas dependências (de forma genérica, caracterizar as atividades);
- Step 3: Estimate the time required to execute each activity and its dependencies (in a generic way, characterize the activities);
- Passo 4: Construir a rede de PERT fazendo com que/
- Step 4: Build the PERT network by having:
  - ↳ Os vértices correspondam aos pontos de dependência entre atividades.
  - ↳ The vertices correspond to the points of dependence between activities.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks – Algorithm

- ↪ Os ramos, que ligam os vértices, representem as atividades tal que: o vértice origem é aquele para o qual convergem todas as atividades antecessoras de X; o vértice destino é onde têm origem os ramos das atividades sucessoras de X.
- ↪ The branches, which connect the vertices, represent the activities such that: the origin vertex is the one to which all the previous activities of X converge; the destination vertex is where the branches of the successor activities of X originate.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks – Algorithm

- ↪ Deverá existir um vértice que represente o início de projeto e um outro que represente o fim de projeto. Poderá ainda ser necessário inserir atividades (ramos/transições) *dummy*;
- ↪ There must be one vertex that represents the beginning of the project and another that represents the end of the project. It may also be necessary to insert activities (branches / transitions) *dummy*;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes de PERT/PERT networks – Algorithm

- Passo 5: Determinar o tempo mais cedo para o início e fim de cada atividade.
- Step 5: Determine the earliest time for the beginning and end of each activity.
  - ↳ EST – Earliest Start Time – Este tempo corresponde ao maior dos valores do tempo mais cedo da conclusão (EFT) das atividades precedentes.
  - ↳ EST - Earliest Start Time - This time corresponds to the highest of the earliest completion time (EFT) values of preceding activities.

## Planeamento do projeto/Project planning

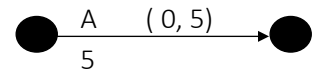
### Redes de PERT/PERT networks – Algorithm

- Passo 5: Determinar o tempo mais cedo para o início e fim de cada atividade.
- Step 5: Determine the earliest time for the beginning and end of each activity.
  - ↳ EFT - Earliest Finish Time – Este tempo é determinado somando a duração da atividade ao seu tempo mais cedo de início (EST).
  - ↳ EFT - Earliest Finish Time - This time is determined by summing the duration of the activity at its earliest start time (EST).

Planeamento do projeto/**Project planning**

## Redes de PERT/PERT networks – Algorithm

- Passo 5 (continuação)/**Step 5 (cont.)**:



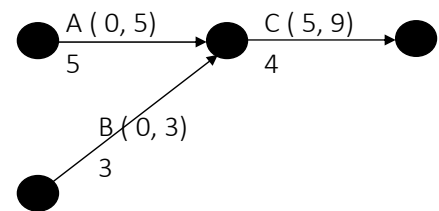
Id – Identificação da atividade (**Activity Id**)

T – Tempo estimado para a atividade

T - **Estimated time for activity**

EST – Earliest Start Time

EFT – Earliest Finish Time

Planeamento do projeto/**Project planning**

## Redes de PERT/PERT networks – Algorithm

- Passo 6: Determinar o tempo mais tarde para o início e fim de cada atividade.
- **Step 6: Determine the time later for the beginning and end of each activity.**
- ↪ LFT - Latest Finish Time - Este tempo corresponde ao menor dos valores do tempo mais tardio de início (LST) das atividades sucessoras.
  - ↪ **LFT - Latest Finish Time - This time corresponds to the lowest of the LST values of the successor activities.**

Planeamento do projeto/**Project planning**

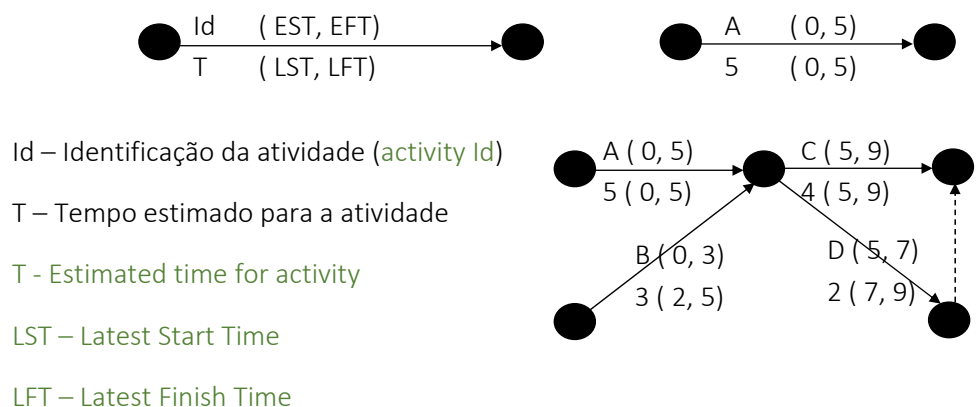
## Redes de PERT/PERT networks – Algorithm

- Passo 6: Determinar o tempo mais tarde para o início e fim de cada atividade.
- Step 6: Determine the time later for the beginning and end of each activity.
  - ↳ LST - Latest Start Time – Este tempo é determinado subtraindo a duração da atividade ao seu tempo mais tardio de conclusão (LFT).
  - ↳ LST - Latest Start Time - This time is determined by subtracting the duration of the activity at its later completion time (LFT).

Planeamento do projeto/**Project planning**

## Redes PERT /PERT network– Algorithm

- Passo 6 (continuação)/Step 6 (cont.):



## Planeamento do projeto/Project planning

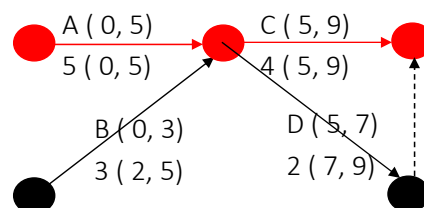
### Redes PERT – Caminho crítico/PERT networks – Critical Path

- O caminho crítico é a sequência de atividades que condicionam a duração do projeto;
- The critical path is the sequence of activities that condition the duration of the project;
- Isto é, é o caminho de maior duração que liga a atividade inicial com a final;
- That is, it is the longest path that connects the initial activity with the final;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT – Caminho crítico/PERT networks – Critical Path

- Em termos de diagrama de rede, é aquele em que o EST é igual ao LST e o EFT ao LFT;
- In terms of network diagram, it is one in which the EST is equal to the LST and the EFT to the LFT;



## Planeamento do projeto/Project planning

### Diagramas de Rede – Caminho crítico/PERT networks – Critical Path

- Qualquer alteração à duração das atividades pertencentes ao caminho crítico pode afectar a duração do projeto;
- Any change to the duration of activities belonging to the critical path can affect the duration of the project;
- Os tempos calculados para as restantes atividades são igualmente importantes para determinar as folgas;
- The times calculated for the remaining activities are equally important for determining the slacks;

## Planeamento do projeto/Project planning

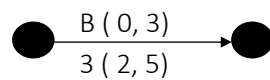
### RedeS PERT – Caminho crítico/PERT networks – Critical Path

- Existem dois tipos de folga: folga livre e a folga total/There are two types of slack: free slack and total slack.
- A **folga livre** (*free slack*) é o tempo possível de adiar o início (ou a conclusão) de uma atividade sem com isso colocar em causa as atividades seguintes (sucessoras);
- **Free slack** of an activity is the possible time to postpone its start (or completion) without thereby jeopardizing the following activities (successors);
- A **folga total** (total slack) de uma atividade é o tempo possível de adiar o seu início (ou a sua conclusão) sem com isso colocar em causa a duração do projeto;
- **Total slack** of an activity is the possible time to postpone its start (or its completion) without jeopardizing the duration of the project;

Planeamento do projeto/**Project planning**

## Redes PERT – Caminho crítico/PERT networks – Critical Path

- De notar que é possível alterar a data de início/conclusão de uma atividade para lá da folga livre, sem com isso afectar o tempo de duração do projeto.
- Note that it is possible to change the start/end date of an activity beyond the free slack, without affecting the duration of the project.

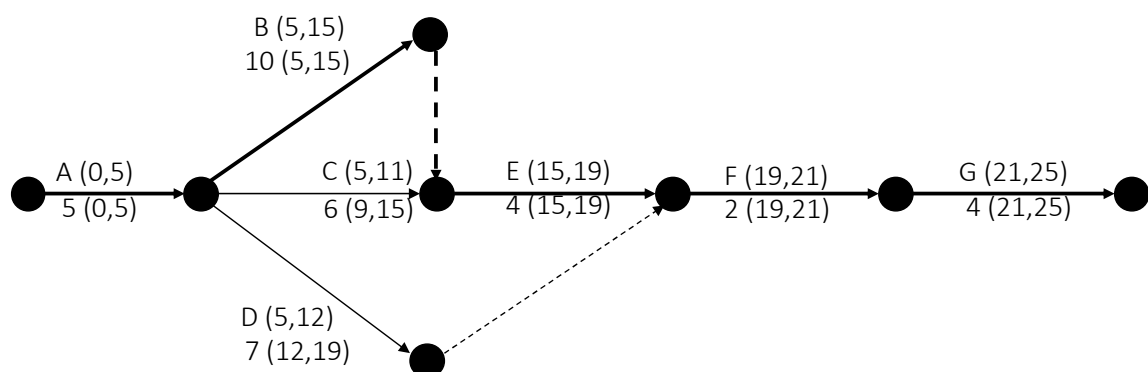


Corresponde a uma folga livre de 2 = LST-EST=LFT-EFT

Corresponds to a free slack of 2 = LST-EST = LFT-EFT

Planeamento do projeto/**Project planning**

## PERT networks – Example

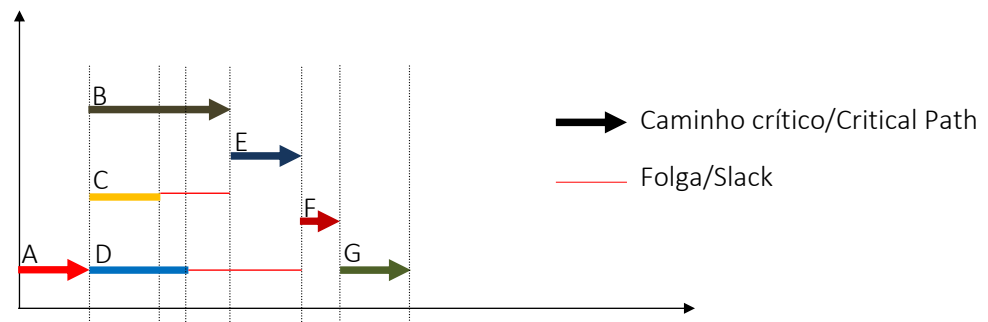




## Planeamento do projeto/Project planning

### PERT networks => Gantt diagrams

- O gráfico de Gantt, cuja interpretação é mais intuitiva, pode ser facilmente construído a partir da rede de PERT;
- The Gantt chart, whose interpretation is more intuitive, can be easily constructed from the PERT network;



## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT/PERT networks

- De notar que as redes PERT apenas permitem representar dependências simples (do tipo FS - Finish-Start);
- Note that PERT networks allow only simple dependencies (of type FS - Finish-Start);
- Existem alternativas mais evoluídas, que assentam a atividade nos vértices, como é o caso do Método do Diagrama de Precedências.
- There are more evolved alternatives, which are based on vertices, such as the Precedence Diagram Method.

Planeamento do projeto/**Project planning**

## Redes PERT/PERT networks

Utilização de redes PERT no MS Project/ **Using PERT Networks in MS Project**

Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish
	Levantamento requisitos	2 wks	Mon 05-01-15	Fri 16-01-15			Mon 05-01-15	Fri 16-01-15	Mon 05-01-15	Fri 16-01-15
	Especificação	5 days	Mon 19-01-15	Fri 23-01-15	1		Mon 19-01-15	Fri 23-01-15	Mon 19-01-15	Fri 23-01-15
	Desenho BD	1 day	Mon 26-01-15	Mon 26-01-15	2		Mon 26-01-15	Mon 26-01-15	Fri 30-01-15	Fri 30-01-15
	Arquitectura	2 days	Mon 26-01-15	Tue 27-01-15	2		Mon 26-01-15	Tue 27-01-15	Mon 26-01-15	Tue 27-01-15
	Desenho	3 days	Wed 28-01-15	Fri 30-01-15	4		Wed 28-01-15	Fri 30-01-15	Wed 28-01-15	Fri 30-01-15
	Implementação	3 wks	Mon 02-02-15	Fri 20-02-15	3;5		Mon 02-02-15	Fri 20-02-15	Mon 02-02-15	Fri 20-02-15
	Verificação	5 days	Mon 23-02-15	Fri 27-02-15	6		Mon 23-02-15	Fri 27-02-15	Mon 23-02-15	Fri 27-02-15
	Validação	2 days	Mon 02-03-15	Tue 03-03-15	7		Mon 02-03-15	Tue 03-03-15	Tue 03-03-15	Wed 04-03-15
	Documentação	5 days	Mon 02-03-15	Fri 06-03-15	7		Mon 02-03-15	Fri 06-03-15	Mon 02-03-15	Fri 06-03-15
	Instalação	2 days	Wed 04-03-15	Thu 05-03-15	8		Wed 04-03-15	Thu 05-03-15	Thu 05-03-15	Fri 06-03-15
	Formação	2 days	Mon 09-03-15	Tue 10-03-15	9;10		Mon 09-03-15	Tue 10-03-15	Mon 09-03-15	Tue 10-03-15

Planeamento do projeto/**Project planning**

## Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Há problemas que pelo nível de incerteza das suas tarefas, não são facilmente modeláveis e estimáveis com base numa rede PERT determinística;
- There are problems that by the level of uncertainty of their tasks are not easily modelable and estimable based on a deterministic PERT network;
- O que é particularmente comum, quando as tarefas são dependentes de variáveis não controláveis pelo gestor;
- What is particularly common when tasks are dependent on variables not controllable by the manager;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Como é o caso:
- As is the case:
  - ↳ Das condições climatéricas/ Climatic conditions;
  - ↳ Factores humanos (greves, adaptação a novas tecnologias/processos, condição psicológica, incompatibilidades, etc.)
  - ↳ Human factors (strikes, adaptation to new technologies / processes, psychological condition, incompatibilities, etc.)
- Para estes casos, uma solução melhor é utilizar o PERT probabilístico;
- For these cases, a better solution is to use probabilistic PERT;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Em que a duração de cada tarefa, em vez de assentar num valor determinístico, tem por base um conjunto de valores estimados (probabilísticos);
- In that the duration of each task, instead of being based on a deterministic value, is based on a set of estimated (probabilistic) values;
- Esta solução permite calcular o caminho crítico e folgas, mas fornece um grau (percentagem) de certeza sobre os resultados obtidos;
- This solution allows to calculate the critical path and slacks, but provides a degree (percentage) of certainty about the obtained results;
- É inclusive possível determinar a probabilidade para valores diferentes.
- It is even possible to determine the probability for different values.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Para calcular a probabilidade de um projeto ter duração  $d_t$ , é necessário efectuar os seguintes cálculos:
- To calculate the probability of a project having duration  $d_t$ , the following calculations are required:
  - ↪ Determinar os tempos optimistas, mais prováveis e pessimistas de cada atividade;
  - ↪ Determine the optimistic, most likely and pessimistic times of each activity;
  - ↪ Calcular a duração expectável de cada atividade ( $\mu$ );
  - ↪ Calculate the expected duration of each activity ( $\mu$ );

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- ↪ Calcular a variância de cada atividade ( $v = \sigma^2$ );
- ↪ Calculate the variance of each activity ( $v = \sigma^2$ );
- ↪ Calcular a duração expectável para o caminho crítico + provável ( $T_e$ );
- ↪ Calculate the expected duration for the critical + probable path ( $T_e$ );
- ↪ Calcular a variância para o caminho crítico mais provável ( $V = \sigma_p^2$ );
- ↪ Calculate the variance for the most likely critical path ( $V = \sigma_p^2$ );
- ↪ Calcular a probabilidade de completar o projeto no tempo  $d_t$ .
- ↪ Calculate the probability of completing the project in time  $d_t$ .

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

Para tal, requer estimar três tempos/ This requires estimating three times:

- **Estimativa optimista (o):** é a duração da atividade no melhor cenário expectável ou a duração mínima da atividade. Pressupõe-se que realizar a atividade em tempo inferior à estimativa optimista é inferior a 1%;
- **Optimistic estimate (o):** is the duration of the activity in the best expected scenario or the minimum duration of the activity. It is assumed that performing the activity in less than the optimistic estimate is less than 1%;

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- **Estimativa mais provável (m):** é a duração mais normal ou esperada para a atividade;
- **Most likely estimate (m):** is the most standard or expected duration for the activity;
- **Estimativa pessimista (p):** é a duração da atividade no pior cenário expectável/aceitável ou a duração máxima da atividade. Pressupõe-se que realizar a atividade em tempo superior à estimativa pessimista é inferior a 1%.
- **Pessimistic estimate (p):** is the duration of the activity in the worst-expected / acceptable scenario or the maximum duration of the activity. It is assumed that performing the activity in time above the pessimistic estimate is less than 1%.

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

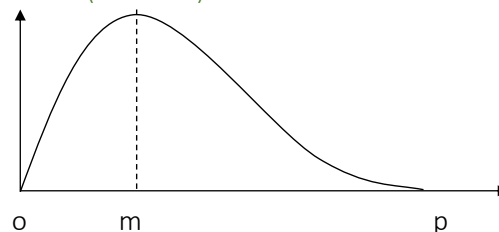
- Para o exemplo utilizado temos os seguintes valores:
- For the used exemple, we have the following values:

Tarefa/Task	O	M	P
A	4	5	7
B	8	10	13
C	5	6	7
D	3	7	9
E	3	4	5
F	1	2	3
G	2	4	5

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- A metodologia PERT assume que a forma da distribuição da probabilidade da variável em questão (duração), é a da distribuição Beta:
- The PERT methodology assumes that the distribution of the probability distribution of the variable in question (duration) is that of the Beta distribution:



(para/for  $a = 1.5$  e/and  $b = 4$ )

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Cálculo da duração expectável de cada atividade:
- Calculation of the expected duration of each activity:
  - ✚ Considerando que a distribuição está contida no intervalo  $[\mu-3\sigma, \mu+3\sigma]$ , em que  $\mu$  e  $\sigma$  representam, respectivamente, a média e o desvio padrão;
  - ✚ Considering that the distribution is contained in the interval  $[\mu-3\sigma, \mu+3\sigma]$ , where  $\mu$  and  $\sigma$  represent, respectively, the mean and the standard deviation;
  - ✚ A duração expectável pode ser determinada da seguinte forma:
  - ✚ The expected duration can be determined as follows:

$$\mu = \frac{o + 4 * m + p}{6}$$

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Para o exemplo utilizado temos os seguintes valores:
- For the example used we have the following values:

Tarefa/Task	O	M	P	Duração expectável/Expected Duration ( $\mu$ )
A	4	5	7	5.17
B	8	10	13	10.17
C	5	6	7	6
D	3	7	9	6.67
E	3	4	5	4
F	1	2	3	2
G	2	4	5	3.83

## Planeamento do projeto/Project planning

## Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Cálculo da variância de cada atividade:
- Calculation of the variance of each activity:

↪ Sabendo que o desvio padrão pode ser determinado por:

$$\sigma = \frac{p - o}{6}$$

↪ Knowing that the standard deviation can be determined by:

Em que  $p$  e  $o$  correspondem, respectivamente ao tempo pessimista e optimista

Knowing that  $p$  and  $o$  correspond respectively to the pessimistic and optimistic time

↪ Então a variância é dada por/ Then the variance is given by:

$$v = \sigma^2 = \left( \frac{p - o}{6} \right)^2$$

## Planeamento do projeto/Project planning

## Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Para o exemplo utilizado temos os seguintes valores:
- For the example used we have the following values

Tarefa/Task	O	M	P	$\mu$	$v (\sigma^2)$
A	4	5	7	5.17	0.25
B	8	10	13	10.17	0.69
C	5	6	7	6	0.11
D	3	7	9	6.67	1.00
E	3	4	5	4	0.11
F	1	2	3	2	0.11
G	2	4	5	3.83	0.25



## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- A duração expectável do projeto ( $T_e$ ) é o somatório dos tempos médios das atividades do caminho crítico, ou seja:
- The expected duration of the project ( $T_e$ ) is the sum of the average times of the activities of the critical path, ie:

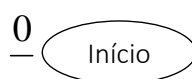
$$T_e = \sum_{i=1}^n \mu_i$$

- Em que  $\mu_i$  é a duração média da atividade  $i$  pertencente ao caminho crítico (calculado com os valores médios – mais prováveis).
- Where  $\mu_i$  is the average duration of activity  $i$  belonging to the critical path (calculated with the mean values - most likely).

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

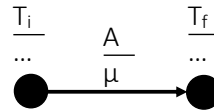
- O cálculo da rede PERT probabilística é feito associando os valores aos nodos;
- The calculation of the probabilistic PERT network is done by associating the values to the nodes;
- Faz-se primeiro o cálculo do nodo inicial para o final, da seguinte forma:
- The calculation starts from the initial to the final node, as follows:



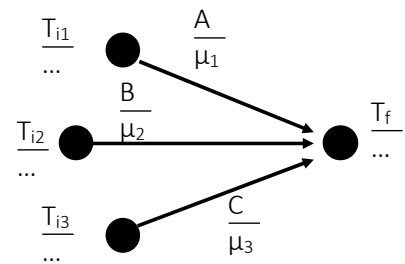
Planeamento do projeto/**Project planning**

## Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

$$\Rightarrow T_f = T_i + \mu$$



$$\Rightarrow T_f = \max(T_{i1} + \mu_1, T_{i2} + \mu_2, \dots)$$

Planeamento do projeto/**Project planning**

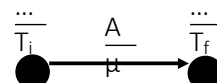
## Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Depois, faz-se o cálculo do nodo final para o inicial, da seguinte forma:
- Then calculate, from the final node to the initial, as follows:

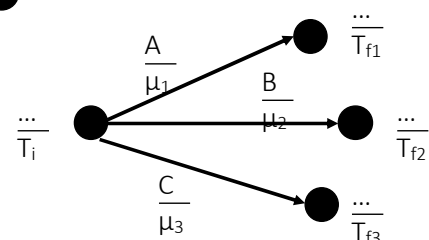
$$\Rightarrow T_{f2} = T_{f1}$$



$$\Rightarrow T_i = T_f - \mu$$



$$\Rightarrow T_i = \min(T_{f1} - \mu_1, T_{f2} - \mu_2, \dots)$$



## Planeamento do projeto/Project planning

## Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

## Task

D.E. ➤ Aplicando ao exemplo em questão, temos um tempo expectável para o projeto ( $T_e$ ) de 25.17:

A 5.17 ➤ Applying to the example in question, we have an expected time for the project ( $T_e$ ) of 25.17:

B 10.17

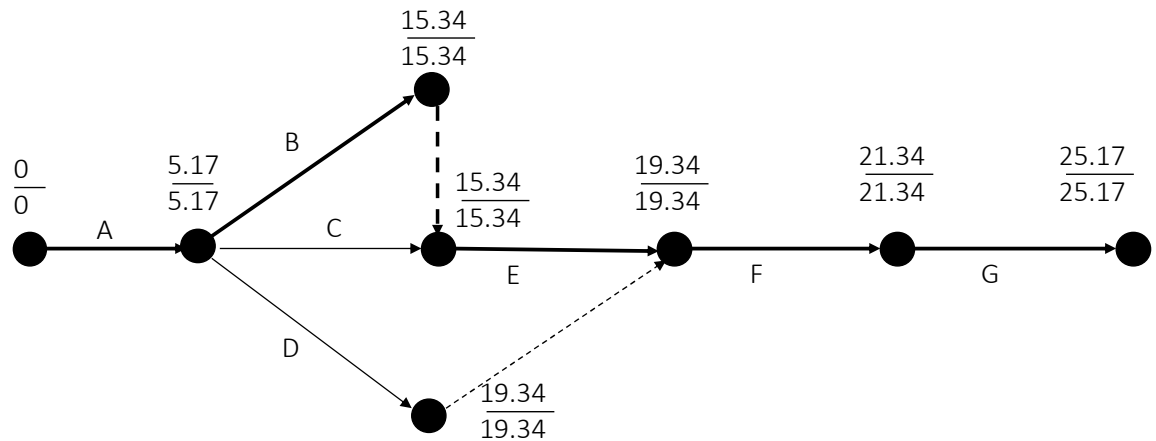
C 6

D 6.67

E 4

F 2

G 3.83



## Planeamento do projeto/Project planning

## Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

➤ Para calcular a variância do projeto tem-se em conta a variância das atividades do caminho crítico obtido com os tempos mais expectáveis, tal que:

➤ To calculate the variance of the project, we take into account the variance of the activities of the critical path obtained with the most expected times, such that:

$$V = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

➤ Em que  $\sigma_i^2$  é a variância da atividade  $i$  pertencente ao caminho crítico médio (calculado com os valores médios – mais prováveis).

➤ Where  $\sigma_i^2$  is the variance of activity  $i$  belonging to the mean critical path (calculated with the mean values - most likely).

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Ou seja, dado que o caminho crítico médio é formado por as atividades A-B-E-F-G, então temos:
- Since the mean critical path is formed by the activities A-B-E-F-G, then we have:

$$V = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 = 0.25 + 0.69 + 0.11 + 0.11 + 0.25 = 1.41$$

O desvio padrão é assim/ The standard deviation is as follows:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2} = \sqrt{1.41} = 1.187$$

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Assumindo que a forma da distribuição da probabilidade para a duração total do projeto é igual à de uma distribuição normal, com média igual a zero e variância igual 1, então para se calcular a probabilidade de completar o projeto em  $d_t$  unidades de tempo, é necessário normalizar  $d_t$  da seguinte forma:
- Assuming that the form of probability distribution for the total duration of the project is equal to that of a normal distribution, with mean equal to zero and equal variance 1, then to calculate the probability of completing the project in  $d_t$  time units, it is necessary to normalize  $d_t$  as follows:

$$K_\alpha = \frac{d - T_e}{\sigma_p}$$

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Utilizando agora uma tabela de valores da distribuição normal, com média igual a zero e variância igual 1, podemos obter a probabilidade de completar o projeto em  $d_t$  unidades de tempo da seguinte forma:
- Using now a table of values of the normal distribution, with mean equal to zero and variance equal to 1, we can obtain the probability of completing the project in  $d_t$  units of time as follows:

$$P(Z \leq k_\alpha) = 1 - P(Z > K_\alpha), K_\alpha \geq 0$$

$$P(Z \leq k_\alpha) = 1 - P(Z \leq -K_\alpha), K_\alpha < 0$$

## Planeamento do projeto/Project planning

### Redes PERT Probabilísticas/Probabilistic PERT networks

- Por exemplo, para determinar qual a probabilidade do projeto terminar em menos de 22 unidades de tempo, temos:
- For example, to determine the probability that the project will end in less than 22 units of time, we have:

$$K_\alpha = \frac{22 - 25}{1.187} = -2.53$$

$$\text{Em que/where: } P(Z \leq -K_\alpha) = 0.9943$$

(Ver tabela distribuição normal/ See normal distribution table N (0,1))

$$\text{O que resulta em/Resulting: } 1 - P(Z \leq -K_\alpha) = 1 - 0.9943 = 0.57\%$$

## Planeamento do projeto/Project planning

Método do diagrama de precedência/Precedence diagram method (PDM)

	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981