

MESTRADO
GESTÃO DE PROJETOS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

O IMPACTO DA INCERTEZA NA MEDIÇÃO DO PROGRESSO EM
EARNED VALUE ANALYSIS

RICARDO JORGE NUNES DE ALMEIDA

JUNHO - 2019

MESTRADO
GESTÃO DE PROJETOS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

O IMPACTO DA INCERTEZA NA MEDIÇÃO DO PROGRESSO EM
EARNED VALUE ANALYSIS

RICARDO JORGE NUNES DE ALMEIDA

ORIENTAÇÃO:

PROF. DOUTOR MÁRIO ROMÃO (ISEG – LISBON SCHOOL OF ECONOMICS
& MANAGEMENT – UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Co-ORIENTAÇÃO:

PROF. DOUTOR RUI SANTOS ABRANTES (IST – INSTITUTO SUPERIOR
TÉCNICO – UNIVERSIDADE DE LISBOA)

JUNHO - 2019

“If you can't measure it, you can't manage it.”

– Peter Drucker –

“If everything seems to be going well, you obviously do not know what's going on!”

– Murphy's Law –

*Para os meus filhos,
Francisco e Vasco. Que este
esforço constitua motivo de
orgulho.*

GLOSSÁRIO

AC – Actual Cost

AT – Actual Time

ANSI – American National Standards Institute

AT – Actual Time

BAC – Budget at Completion

CCM – Complete Contract Method

C/SCSC – Cost/Schedule Control Systems Criteria

CPI – Cost Performance Index

CPM – Critical Path Method

CV – Cost Variance

DoD – Departement of Defense

EAC – Estimate at Completion

EDM – Earned Duration Method

EIA – Electronic Industries Alliance

ES – Earned Schedule

ETC – Estimate to Complete

EV – Earned Value

EVA – Earned Value Analysis

EVM – Earned Value Management

EVMS – Earned Value Management System

EVPM – Earned Value Project Management

FE – Fixed Effects Model (Panel Data)

IAS – International Account Standard

LM – Breusch-Pagan Lagrange multiplier test

LOE – Level of Effort

LSDV – Least Squares Dummy Variable

MAPE – Mean Absolute Percentage Error

OLS – Ordinary Least Squares

PC – Percent Complete

PCM – Percentage of Completion Method

PDM – Precedence Diagram Method

PERT – Program Evaluation Review Technique

PMB – Performance Measurement Baseline

PMI – Project Management Institute

POLS – Pooled Ordinary Least Squares (Panel Data)

pp – Pontos Percentuais

PV – Planned Value

RE – Random Effects Model (Panel Data)

SPI – Schedule Performance Index

SV – Schedule Variance

TCPI – To-Compete Performance Index

TP –Tracking Period

US Navy – United States Navy

USAF – United States Air Force

USDoD – United States Departement of Defense

WBS – Work Breakdown Structure

RESUMO, PALAVRAS-CHAVE E CÓDIGOS JEL

O *Earned Value* (EV) representa a quantidade de trabalho efetuado num determinado momento no tempo e, definido pelo produto do *Planned Value* (PV) pela percentagem de conclusão (*Percent Complete* – PC), representa o progresso do projeto.

O verdadeiro progresso é difícil de aferir, sobretudo numa visão integrada de custo, tempo e âmbito, e resulta do julgamento das pessoas, pelo que comporta um certo grau de incerteza, função da ignorância e da falta de conhecimento exato do valor do mensurando. Apesar disso, o EV é considerado determinístico.

O estudo avaliou o erro das métricas de *Earned Value Analysis* (EVA) originado pela incerteza na medição do progresso das atividades do projeto, com uma análise *ceteris paribus* do PC, e aferiu as características de planeamento de tempo e custo do projeto com maior influência nesse erro, através de métodos para Dados de Painel.

Constatou-se que a incerteza na medição do progresso resultou em erros significativos no EV. A erros pouco expressivos na medição de progresso, podem corresponder resultados muito distorcidos nas restantes métricas de EVA, pelo que existe um impacto significativo da incerteza na medição do progresso no valor do EV e na capacidade de controlo e previsão do EVA.

Das características de planeamento de tempo e custo do projeto modeladas, a quantidade relativa de atividades em execução, em número, custo ou duração foram as que mais influenciaram os erros de EVA. O *Budget at Completion* (BAC) foi a característica que registou maior impacto relativo.

O incremento do número de atividades da WBS e da duração, do número e do custo das atividades em execução contribuem para a redução dos erros. Os projetos com BAC mais elevado e menor duração foram os que registaram maiores erros. O intervalo entre TP deve ser o mais curto possível e, para controlar a amplitude do erro, deve ser feito um esforço de uniformização das atividades em execução, evitando grandes disparidades entre TP.

PALAVRAS-CHAVE: Earned Value, Progress Measurement, Progress Control, Percent Complete, Percentage of Completion Method, Panel Data.

CÓDIGOS JEL: C23.

ÍNDICE

Glossário.....	i
Resumo, Palavras-Chave e Códigos JEL	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vi
Agradecimentos	vii
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	2
2.1. História e Origem do Earned Value Management.....	2
2.2. Terminologia de Earned Value.....	5
2.3. Descrição e Métricas de Earned Value Analysis.....	5
2.4. A Medição do Progresso em EVM.....	9
3. Metodologia de Investigação	16
3.1. Base de Dados de Projetos Reais.....	17
3.2. Medição do Progresso	18
3.3. Erro no EV e Regra mais Ajustada.....	19
3.4. Influência das Características de Planeamento do Projeto	19
4. Resultados e Discussão	24
4.1. Erro originado pela Incerteza na Medição do Progresso.....	24
4.2. Fatores com Influência no Erro	28
5. Conclusões	35
6. Limitações e Trabalhos Futuros.....	40
7. Bibliografia	40
Anexo 1. Análise Gráfica das Métricas EVA.....	1
Anexo 2. Matriz de Correlação	9

Anexo 3.	Análise das Variáveis Explicativas (POLS / RE / FE)	10
Anexo 4.	Coeficiente Composto das Variáveis Explicativas	14
Anexo 5.	Variação do Erro com o Tempo.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO.	17
FIGURA 2 – PROCEDIMENTO PARA CONSTRUIR O MODELO FINAL.....	24
ANEXO 1. FIGURA 3 – C2011-07 – PATIENT TRANSPORT SYSTEM.....	1
ANEXO 1. FIGURA 4 – C2011-13 – WIND FARM.	2
ANEXO 1. FIGURA 5 – C2012-13 – PUMPING STATION JABBEKE.	2
ANEXO 1. FIGURA 6 – C2013-01 – WIEDAUWKAAL FENDERS.....	3
ANEXO 1. FIGURA 7 – C2013-02 – SEWAGE PLANT HOVE.	3
ANEXO 1. FIGURA 8 – C2013-05 – PET PACKAGING.....	4
ANEXO 1. FIGURA 9 – C2013-06 – GOVERNMENT OFFICE BUILDING.	4
ANEXO 1. FIGURA 10 – C2013-07 – FAMILY RESIDENCE.	5
ANEXO 1. FIGURA 11 – C2013-13 – OFFICE FINISHING WORKS (1).....	5
ANEXO 1. FIGURA 12 – C2013-15 – OFFICE FINISHING WORKS (3).....	6
ANEXO 1. FIGURA 13 – C2016-16 – OFFICE FINISHING WORKS (4).....	6
ANEXO 1. FIGURA 14 – C2013-17 – OFFICE FINISHING WORKS (5).....	7
ANEXO 1. FIGURA 15 – C2014-01 – MIXED-USED BUILDING.	7
ANEXO 1. FIGURA 16 – C2014-02 – PLAYING CARDS.	8
ANEXO 1. FIGURA 17 – C2014-03 – ORGANIZATIONAL DEVELOPMENT.	8

AGRADECIMENTOS

Em primeiro, quero agradecer aos orientadores, Prof. Mário Romão (ISEG) e Prof. Rui Abrantes (IST), pela disponibilidade, entusiasmo e interesse que demonstraram no estudo, e à Prof.^a Isabel Proença (ISEG), pela disponibilidade e pelo contributo precioso na orientação e revisão científica dos métodos de estimação estatística utilizados.

Pela amizade, encorajamento, apoio, tolerância e compreensão ao longo de todo o percurso, quero deixar um agradecimento muito especial à Eng.^a Ana Castro, sem a qual tudo teria sido muito mais difícil.

Finalmente, quero agradecer à minha família pela paciência e pelo suporte, que me permitiram concretizar este objetivo.

A todos os que aturam os meus humores, desabafos e devaneios,

Muito Obrigado!

O IMPACTO DA INCERTEZA NA MEDIÇÃO DO PROGRESSO EM EARNED VALUE ANALYSIS

Em *Earned Value Analysis*, o *Earned Value* de uma atividade (ou conta de controle) resulta do produto do *Planned Value* pelo *Percent Complete*. Assim, o erro associado ao valor do *Earned Value* pode resultar da incerteza de qualquer um daqueles valores. O presente estudo pretende avaliar o erro na determinação do *Earned Value*, e o seu impacto nas métricas de *Earned Value Analysis*, com uma análise *ceteris paribus* do *Percent Complete*.

1. INTRODUÇÃO

O *Earned Value Management* (EVM) é uma metodologia de gestão de projetos que integra três elementos essenciais: âmbito, custo e tempo. Requer a monitorização periódica dos custos incorridos e do trabalho realizado (Anbari, 2003) e suporta-se numa técnica quantitativa, *Earned Value Analysis* (EVA), para avaliar o desempenho do projeto e prever os seus resultados finais (Lukas, 2008), através da monitorização de três variáveis base – *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV) e *Actual Cost* (AC).

O EV representa a quantidade de trabalho efetuado num determinado momento no tempo (PMI, 2017) e, definido pelo produto do PV pela percentagem de conclusão (*Percent Complete* – PC), representa o progresso do projeto. O verdadeiro progresso é, no entanto, difícil de aferir (Cioffi, 2006). Normalmente, mede-se o trabalho executado e compara-se com o planeado e mede-se o dinheiro gasto e compara-se com o previsto mas, numa visão integrada, como é que se mede o progresso do projeto tendo em conta a tripla restrição de custo, tempo e âmbito? O progresso das atividades resulta do julgamento das pessoas, logo comporta um certo grau de incerteza. (Naeni, Shadrokh e Salehipour, 2011).

A incerteza sobre o resultado de qualquer processo é função da ignorância acerca do mesmo. Quanto mais sabemos menos incertos estamos e, em teoria, podemos eliminar toda a incerteza, desde que saibamos o suficiente (Tabak, 2004, p. 67). A incerteza no resultado de uma medição reflete a falta de conhecimento exato do valor do mensurando (JCGM, 2008, p. 5). A incerteza associada a uma medição caracteriza a dispersão de valores que lhe poderiam ser, razoavelmente, atribuídos (JCGM, 2008, p. 36).

O erro define-se como a diferença entre o valor medido e o valor verdadeiro (JCGM, 2008, p. 36).

A incerteza associada à determinação do EV está associada quer à incerteza na determinação do PV quer à incerteza na determinação do PC. Apesar disso, o EV é considerado determinístico em todas as técnicas para a sua determinação. A incerteza originada pelo PV foi objeto de diversos estudos (Abdel Azeem, Hosny e Ibrahim, 2014; Acebes *et al.*, 2014; Chen, Chen e Lin, 2016). No entanto, não foram identificados estudos acerca do impacto da incerteza originada pela determinação do progresso.

Este estudo pretende contribuir para esta análise, avaliando o erro nas variações (CV, SV e SV(t)) e nas métricas de medição de desempenho (CPI, SPI e SPI(t)) de EVA, originadas pela incerteza na medição do progresso (PC) das atividades, e aferindo as características de planeamento de tempo e custo do projeto com maior influência nesse erro, permitindo aos Gestores de Projeto controlá-lo, indiretamente, no planeamento do projeto.

Assim, este estudo pretende responder às questões seguintes:

P1: Qual o impacto da incerteza na medição do progresso (PC) no valor do EV e na capacidade de controlo e previsão do EVA (PC_{TOTAL} , CV, SV, SV(t), CPI, SPI e SPI(t))?

P2: Quais as características de planeamento de tempo e custo do projeto que influenciam os erros do EVA derivado da incerteza na medição do progresso?

P3: Qual a característica de planeamento de tempo e custo do projeto com maior impacto relativo no erro do EVA derivado da incerteza na medição do progresso?

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. História e Origem do Earned Value Management

O *Earned Value Management* (EVM) é uma metodologia de gestão de projetos que permite medir o desempenho financeiro e de projeto (Kwak e Anbari, 2012). Permite monitorizar e controlar o projeto, através de técnicas que proporcionam uma perspetiva integrada do desempenho de âmbito, tempo e custo (PMI, 2017, p. 111), calcular variações e índices e estimar, numa fase precoce, o prazo e o custo de conclusão do projeto (Anbari, 2003).

Embora possa ser rastreada uma forma básica de EVM até ao final do século XIX (Fleming e Koppelman, 1998, 2010, p. 28; Kwak e Anbari, 2012), foi no final dos anos 50 do século passado que, para medir e controlar o progresso no desenvolvimento do programa *Polaris Fleet Ballistic Missile*, para o *United States Navy* (US Navy), foi desenvolvido o *Program Evaluation Review Technique* (PERT) (Malcolm *et al.*, 1959). A técnica consistia na utilização de uma rede lógica de eventos dependentes e sequenciais, com grande ênfase em probabilidade estatística, que permitia avaliar a probabilidade de cumprir o planeamento definido. No entanto, a modesta capacidade computacional da altura tornava-a extremamente onerosa, o que limitou a sua utilização. Em 1962, a *United States Air Force* (USAF) desenvolveu uma extensão ao método PERT que permitia gerir tempo e custos, introduzindo nas redes lógicas a estimativa de recursos e originando o método PERT/Cost. A linha de base (*baseline*) para medição de desempenho era materializada por estimativas, sem critérios definidos, o que impossibilitava prever o desempenho real dos projetos e encobria atrasos e sobrecustos até ao final do projeto. Na mesma altura foi introduzido o método do caminho crítico (*Critical Path Method* – CPM) (Levy, Thompson e Wiest, 1963; Fleming e Koppelman, 1998, 2010, p. 29; Morin, 2016).

O método PERT não sobreviveu aos meados da década de 60. Apesar de, atualmente, a designação continuar a ser utilizada para descrever qualquer método de programação de rede, na realidade trata-se de redes de precedências (*Precedence Diagram Method* – PDM) e não de verdadeiras redes PERT. Foi, no entanto, com o método PERT/Cost que nasceu o conceito de *Earned Value* (Fleming e Koppelman, 2010, p. 30), que foi introduzido como uma ferramenta de gestão de projetos no “*Earned Value Summary Guide*”, em 1965. Pouco depois, foram definidos um conjunto de especificações, constituídas por 11 critérios e uma lista de verificação de 57 itens, para avaliar a conformidade dos sistemas com o método. A sua implementação, e validação, foi efetuada com a introdução destas especificações em oito contratos do programa *Minuteman Intercontinental Ballistic Missile*, da USAF (Morin, 2016).

O sucesso no programa *Minuteman* levou à aplicação do método a outros programas e à introdução do *Cost/Schedule Control Systems Criteria* (C/SCSC), em 1967, que incorporou o conceito de *Earned Value* (EV) sob a forma de 35 critérios que, a partir de 1968, foram incluídos em todos os contratos do Departamento de Defesa dos Estados

Unidos (*Unites States Departement of Defense – USDoD*). A utilização do C/SCSC pelo Governo dos Estados Unidos foi um sucesso, e os critérios originais permaneceram consistentes e inalterados ao longo de mais de 30 anos. No entanto, a sua evolução burocrática e os critérios rígidos impostos na sua aplicação, levaram a que não fosse completamente aceite, ou adotado, pela indústria privada na gestão dos seus projetos internos (Fleming e Koppelman, 2010, p. 32). Ao longo dos anos, a implementação dos critérios transformou-se num fardo administrativo e os manuais de implementação cresceram tanto em tamanho como em complexidade (Christensen, 1998).

Para incentivar a utilização de EVM, o método foi descontinuado em 1996 e, em 1998, foram publicadas as primeiras diretrizes do *Earned Value Management System* (EVMS), pelo *The American National Standards Institute* (ANSI)/*Electronic Industries Alliance* (EIA). Em 2000, o *Project Management Institute* (PMI) publicou a terminologia base e as fórmulas de EVM. As orientações do EVMS desenvolvidas pelo ANSI/EIA identificam 32 critérios, que os sistemas de EVM confiáveis devem ter, organizados em cinco categorias (Anbari, 2003; Kwak e Anbari, 2012).

O interesse pela aplicação de EVM no setor privado aumentou nos últimos anos, graças às inúmeras publicações que promovem os princípios de EVM e aos pacotes avançados de *software* de gestão de projetos que incorporam métodos e análises de EVM (Anbari, 2003; Kwak e Anbari, 2012). Há uma elevada aceitação do método de EVM entre os seus utilizadores (Kim, Wells e Duffey, 2003), que concordam que o mesmo permite melhorar o desempenho de custo, de prazo e técnico dos seus projetos.

Na TABELA I resume-se a linha do tempo do EVM.

TABELA I
LINHA DO TEMPO DO EVM (Kwak e Anbari, 2012)

Ano	Evento
1967	Cost/Schedule Control System Criteria (C/SCSC) introduced by U.S. Department of Defense (DoD).
1972	First C/SCSC Joint Implementation Guide issued to ensure consistency among military departments.
1991	DoD Instruction 5000.2 – Defense Acquisition Management Policies and Procedures issued reaffirming use of EVM.
1996	DoDR 5000.2-R – Mandatory Procedures for Major Defense Acquisition Programs and Major Automated Information System Acquisition Programs issued. Draft industry guidelines accepted by Under Secretary of Defense and C/SCSC revised from 35 to 32 criteria.
1998	American National Standards Institute/Electronic Industries Alliance published industry guidelines for EVM Systems (EVMS; ANSI/EIA-748-98).
1999	Under Secretary of Defense adopts ANSI/EIA-748-98 for DoD acquisition.
2000	Simplified EVM Terminology published by Project Management Institute.
2005	Practice Standard for Earned Value Management published by the Project Management Institute (revised; second edition published in 2011).

2.2. Terminologia de Earned Value

Nos pontos seguintes clarifica-se a terminologia associada ao *Earned Value*, uma vez que se tratam de conceitos diferentes e distintos (Lukas, 2008):

- *Earned Value Analysis* (EVA) – técnica quantitativa de gestão de projetos para avaliar o desempenho do projeto e prever os seus resultados finais, com base na comparação do progresso e do orçamento dos pacotes de trabalho com os trabalhos previstos e os custos reais;
- *Earned Value Management* (EVM) – metodologia de gestão de projetos, para controlar o projeto, que se suporta na medição do desempenho do trabalho com base numa *Work Breakdown Structure* (WBS) que inclui um calendário integrado e um orçamento com base na WBS.
- *Earned Value Management System* (EVMS) – o processo, procedimentos, ferramentas e modelos usados por uma organização para fazer EVM.

2.3. Descrição e Métricas de Earned Value Analysis

A gestão tradicional de custos usa uma abordagem de duas variáveis para relacionar o "custo real" com o "custo planeado". Como a eficiência do desempenho real não é igual à considerada na fase de planeamento do projeto, o custo real incorrido não reflete o progresso real e é necessário introduzir uma terceira variável, o *Earned Value* (EV) (Chen, 2008).

O EVM é uma metodologia poderosa para a gestão do âmbito, tempo e custo do projeto. Permite o cálculo de variações de custo e prazo, de índices de desempenho e de estimativas de custo e prazo na conclusão do projeto. Fornece, precocemente, indicadores dos resultados esperados para o projeto, com base no seu desempenho, e destaca a necessidade de ações corretivas, permitindo ao Gestor de Projeto ajustar a sua estratégia de acordo com os objetivos pretendidos. Utiliza o custo e o valor, que podem ser medidos em dinheiro, horas, dias de trabalho, ou outra unidade similar, como medida comum de desempenho do projeto, quer em termos de custo quer de prazo (Anbari, 2003). Ao contabilizar todos os custos numa medida comum o método permite comparar diferentes medições (Cioffi, 2006).

O EVMS utiliza apenas três variáveis base, deduzindo a partir destas as variações,

os índices de desempenho e os custos previstos. Para facilitar a aplicação, Chen (2008) resumiu os termos usados para estas variáveis, no sistema EVMS e C/SCSC.

O EVA compara a linha base de medição de desempenho (*Performance Measurement Baseline – PMB*) com o prazo e o custo real. O EVM integra as linhas base de âmbito, de custo e de prazo, para construir a PMB, e desenvolve e monitoriza três dimensões chave para cada pacote de trabalho e conta de controlo (PMI, 2017):

- Valor Planeado (*Planned Value – PV*) – é o orçamento autorizado atribuído ao trabalho a ser realizado numa atividade ou componente da WBS, não incluindo a reserva de gestão. O total do PV é por vezes referido de PMB. O valor planeado total do projeto é conhecido por Orçamento na Conclusão (*Budget at Completion – BAC*).
- Valor Agregado (*Earned Value – EV*) – é o valor do trabalho realizado expresso em termos do orçamento aprovado para esse trabalho. O EV que está a ser medido deve ser relacionado com a PMB e não pode ser superior ao orçamento planeado (PV) de um componente. O EV é muitas vezes utilizado para calcular a percentagem de conclusão (*Percent Complete – PC*) de um projeto.

$$(1) \quad EV = PC \times PV$$

- Custo Real (*Actual Cost – AC*) – é o custo incorrido para o trabalho realizado numa atividade durante um período específico de tempo. É o custo total incorrido na execução do trabalho que o EV mediu. O AC deve corresponder, por definição, ao que foi orçamentado no PV e medido no EV (por exemplo, somente horas diretas, somente custos diretos, ou todos os custos incluindo os indiretos). O AC não tem limite superior, isto é, tudo o que for gasto para atingir o EV será medido.

As variações, a partir da PMB aprovada, são também analisadas:

- Variação de Prazo (*Schedule Variance – SV*) – é uma medida de desempenho do cronograma expressa como a diferença entre EV e PV. Corresponde à quantidade pela qual o projeto está adiantado ou atrasado em relação à data de entrega planeada, num determinado ponto no tempo. É uma medida de desempenho de tempo num projeto.

$$(2) \quad SV = EV - PV$$

- Variação de Custo (*Cost Variance – CV*) – é a quantidade de *deficit* ou *superavit* do orçamento, num determinado ponto no tempo, expresso como a diferença entre EV e AC. É uma medida de desempenho de custo num projeto.

$$(3) \quad CV = EV - AC$$

- Índice de Desempenho de Prazo (*Schedule Performance Index – SPI*) – é uma medida de eficiência de prazo expressa pelo rácio entre EV e PV. Mede a eficiência com que a equipa de projeto está a realizar o trabalho.

$$(4) \quad SPI = EV/PV$$

- Índice de Desempenho de Custo (*Cost Performance Index – CPI*) – é uma medida de eficiência dos recursos orçamentados, expresso como o rácio entre EV e AC. Mede a eficiência de custo do trabalho concluído e é considerada a métrica mais importante de EVA, pois pode ser usado para determinar os requisitos do desempenho final para cumprir os objetivos financeiros (Fleming e Koppelman, 2009).

$$(5) \quad CPI = EV/AC$$

As análises de EVM estabelecem e monitorizam o desempenho de contas de controlo que são, essencialmente, as áreas da WBS onde o trabalho é planeado, orçamentado e onde os custos reais são acumulados (Norton, Brennan e Mueller, 2014). A conta de controlo agrega dois, ou mais, pacotes de trabalho e é onde o âmbito, o tempo e o custo são integrados e comparados com o EV, para medição do progresso. As técnicas de análise gráficas em EVA permitem monitorizar e reportar os três parâmetros base: PV, EV e AC (PMI, 2017).

A análise de tendências examina o desempenho do projeto ao longo do tempo para determinar se está a melhorar ou a piorar. Conforme o projeto progride, a equipa de projeto pode efetuar previsões para a Estimativa na Conclusão (*Estimate at Completion – EAC*), que podem diferir do BAC, de acordo com o desempenho do projeto. O EAC é, tipicamente, baseado nos custos reais incorridos para o trabalho executado (AC), adicionados de uma Estimativa para Concluir (*Estimate to Complete – ETC*) o trabalho restante. A abordagem mais comum para estimar o EAC é a soma manual *bottom-up*,

suportada nos custos reais e na experiência incorrida para o trabalho concluído.

Os métodos de EVM, utilizados para prever o custo final do projeto, sofreram poucas alterações ao longo dos anos. No entanto, investigações recentes verificaram que alguns dos resultados, generalizados a partir de grandes projetos do USDoD, podem ser aplicáveis apenas a projetos muito grandes e de longa duração, nomeadamente a relação entre o CPI final e o CPI com 20% de execução (Lipke, 2005; Lipke *et al.*, 2009).

Para aplicar EVM com confiança, e prever o desempenho, os indicadores devem refletir a real performance do projeto. No entanto, constatou-se que o indicador de prazo do EVM (i.e. SPI) falhava no último terço do projeto e colapsava completamente se o projeto estivesse atrasado, tendo sido utilizados, ao longo da história, alguns métodos não comprovados para prever a duração do projeto (Lipke, 2003; Lipke *et al.*, 2009).

Para ultrapassar esta lacuna, Lipke (2003) desenvolveu o método do *Earned Schedule* (ES). O método do ES é idêntico ao EV mas, em vez de medir o tempo em unidades monetárias, mede o tempo em unidades de tempo, garantindo que os indicadores de prazo se comportam adequadamente ao longo de todo o projeto. O ES corresponde ao tempo do PV onde deveria ter sido realizado o EV. O Tempo Atual (*Actual Time – AT*) corresponde ao tempo onde é calculado o EV. O ES requer apenas os dados de EVM (i.e. EV e PV) e provou fornecer melhores previsões que outros métodos (Lipke e Henderson, 2006; Vandevoorde e Vanhoucke, 2006).

$$(6) \quad SV(t) = ES - AT \qquad (7) \quad SPI(t) = ES/AT$$

Recentemente, Khamooshi e Golafshani (2014) questionaram a validade do método ES, uma vez que, naqueles, o tempo é obtido a partir do custo associado ao EV. Apesar de haver correlação entre os perfis de custo e tempo, ao longo da vida do projeto estes perfis não são sempre os mesmos, pelo que qualquer medida de desempenho que utilize um perfil de custo para avaliar o desempenho do projeto em termos de prazo não será preciso. Para resolver esta limitação, propuseram o *Earned Duration Method* (EDM), onde todas as variáveis são medidas em unidades de tempo, e não por analogia com o perfil de custos. Batselier e Vanhoucke (2015b) comprovaram a validade do EDM e a sua ligeira vantagem relativamente ao ES.

2.4. A Medição do Progresso em EVM

O EVA iniciou uma mudança de paradigma na Gestão de Projetos. O progresso real dos projetos não mudou mas mudaram as técnicas utilizadas para o medir, devido a uma nova perspectiva. Visões separadas de custo ou tempo não devem ser aceites. Em vez disso, uma boa gestão implica a visão integrada possibilitada pelo EVA (Cioffi, 2006).

O EVM requer compromisso e disciplina por parte de todos aqueles que suportam o projeto. Fleming e Koppelman (1998, 2009) e Chen (2008) listaram os principais requisitos para implementar EVM com sucesso. Para que seja possível medir o progresso, o âmbito deve ser convertido numa WBS e incluir 100% do esforço do projeto. As métricas para medir o progresso (EV) devem ser definidas previamente, os valores do EV devem ser relacionados com os de PV e as previsões de EAC devem ser efetuadas periodicamente (semanal ou mensalmente).

O EVA é definido como uma técnica de gestão que relaciona o planeamento e a utilização de recursos com o calendário e com os requisitos de desempenho técnicos (Abba, 1997) e possibilita uma avaliação mais precisa do ponto de situação, pela análise conjunta da variação de custo e prazo (Kim, Wells e Duffey, 2003).

Na pesquisa efetuada por Kim, Wells e Duffey (2003), os Gestores de Projeto consideraram que, no EVM, persistem os problemas relacionados com o otimismo no planeamento e com a avaliação imprecisa do trabalho realizado. Para os Gestores de Projeto, o fator com mais utilidade no método é a sua capacidade para prever o prazo e o custo, o que indica que o EVM é encarado como uma boa ferramenta de previsão e alerta atempado que possibilita planear e controlar os projetos proativamente.

Lambert (1989), Christensen (1998) e Keng (2015) identificaram vários benefícios na aplicação de EVM, nomeadamente o facto do CPI e do SPI acumulados, determinados periodicamente, funcionarem como referência e darem sinais de alerta antecipados.

O EV é a variável essencial do EVMS e a medição do progresso deve ser determinada por critérios objetivos e verificáveis (Webb, 2003, p. 73; Chen, 2008). O EV é a medição do trabalho efetuado e a fotografia do progresso do trabalho num determinado ponto do tempo. Os métodos de medição do progresso devem ser selecionados durante o planeamento do projeto, antes do início dos trabalhos, e

constituem a base para a medição do progresso durante a execução do projeto (PMI, 2011, p. 36). O objetivo principal na escolha do método de medição de desempenho é ter a avaliação o mais objetiva, precisa e pontual possível do trabalho efetuado e do tempo e custos despendidos (PMI, 2011, p. 43).

O EV é definido pelo estado das atividades de cada pacote de trabalho e o método para o determinar depende do tipo de trabalho a executar. No contexto de EVM, há duas classificações básicas para a natureza dos trabalhos: discreto e nível de esforço (*Level of Effort* – LOE). O trabalho discreto está relacionado com o desenvolvimento de produtos e serviços que podem ser diretamente planejados, calendarizados e medidos. LOE é um esforço de natureza geral, ou de suporte, que não produz produtos finais definidos (NASA, 2013, pp. 1–3).

Para selecionar o método adequado, devem ser considerados vários aspetos, nomeadamente: as características do trabalho (duração e mensurabilidade), os requisitos, as unidades de medida, o risco e a precisão da medição. Na TABELA II resumem-se as diretrizes propostas pelo PMI (2011, p. 42) para selecionar o método de medição do progresso:

TABELA II
DIRETRIZES PARA SELECIONAR O MÉTODO DE MEDIÇÃO DO PROGRESSO (PMI, 2011, p. 42)

Tipo de Trabalho / Atividades	Características		
	Curta (1-2 Períodos)	Tangível (Mensurável)	Intangível (Imensurável)
Duração	Longa (Excede 2 Períodos)	Fórmula Fixa Ponderação de Milestones (Weighted Milestone) Porcentagem de Conclusão Medição Física	Apportioned Effort Level of Effort

Os pontos-chave associados a cada método são pormenorizadamente descritos no PMI (2011, p. 43). Uma vez que o tipo de trabalho pode variar dentro do mesmo projeto, não existe um método único adequado para reportar o progresso. Os métodos apresentados, ou a combinação daqueles, podem ser agrupados em quantitativos e qualitativos (Webb, 2003, p. 75; Lukas, 2008).

Para esforços discretos, associados a trabalhos tangíveis, temos (PMI, 2011, p. 43):

- **Fórmula Fixa:**
 - 50/50, 25/75, etc. – Neste método o EV é creditado mal começa a atividade. No entanto, o trabalho real é invisível e pode dar uma falsa

sensação de realização. Este método de medição deve ser utilizado apenas para atividades que não excedam dois períodos de reporte. As percentagens adotadas podem ser outras (Burke, 2003, p. 238). Pela sua simplicidade, este método é o mais utilizado (Meredith e Mantel, 2012, p. 451).

- 0/100 – Este método não credita EV para trabalho parcial e o início do trabalho não é explicitamente reportado. Só deve ser usado para atividades que iniciem e terminem no mesmo período de reporte e, de acordo com Meredith e Mantel (2012, p. 451), com esta regra altamente conservativa, o projeto parece estar sempre atrasado.

- **Ponderação de Milestones (*Weighted Milestone*)** – Este método tem uma, ou mais, *milestones* por período de reporte. Cada *milestone* tem um objetivo verificável associado. As *milestones* são ponderadas para refletirem o trabalho realizado relativamente ao total.
- **Percentagem de Conclusão** – Este método implica uma estimativa da percentagem completa do BAC em cada período de reporte. Devem existir critérios mensuráveis associados às medições das percentagens completas, ou estas serão muito subjetivas e imprecisas.
- **Medição Física** – A avaliação do trabalho executado está relacionado com a natureza física. Assim, os procedimentos e especificações para realizar as medições devem ser acordados antecipadamente.

Cada método para determinação do progresso possui as suas forças e fraquezas. O objetivo principal é obter a avaliação mais objetiva, precisa e pontual do trabalho, tempo e custo possível. A escolha incorreta do método pode resultar em pontos de situação incorretos e, conseqüentemente, em ações de gestão inapropriadas (PMI, 2011).

A literatura identifica várias dificuldades na medição do progresso, sendo a sua medição incorreta uma das razões apontadas para o não funcionamento do EVA. Apesar de ser considerada uma técnica quantitativa para avaliação do desempenho do projeto, o EVA depende da forma como o progresso é reportado. Se for utilizado o método LOE em tarefas que totalizem mais de 10% do orçamento total, há uma grande probabilidade do progresso medido não ser o correto (Lukas, 2008).

Há poucas dúvidas de que a obtenção de dados precisos é um dos aspetos mais problemáticos do EVM (Webb, 2003, p. 82). Os critérios de medição do progresso, para medir o trabalho executado, devem ser estabelecidos para cada pacote de trabalho da WBS (PMI, 2017, p. 261). Determinar a percentagem de conclusão (*Percent Complete* – PC) é um assunto complexo e muitas vezes incompreendido. Por ser possível determina-la por diferentes métodos, a definição prévia do método a utilizar aumenta o significado dos resultados (Tague e Morrison, 2007). A medição do progresso deve ser efetuada de acordo com o método definido no planeamento pelo Gestor do Projeto, que deve ter a capacidade para efetuar esta medição (Humphreys Associates, 2013).

O EVM permite medir, de forma objetiva, o progresso do projeto e a medição do EV é uma das primeiras fases para a sua implementação. Apesar da incerteza associada ao progresso das atividades, o EV é considerado determinístico em todas as técnicas para a sua determinação. Na realidade, os dados acerca das atividades provêm do julgamento das pessoas, logo comportam um certo grau de incerteza. O EVA consiste em técnicas que auxiliam o Gestor de Projeto na medição e na avaliação do progresso e do desempenho do projeto, estimando o custo e o prazo de conclusão (Naeni, Shadrokh e Salehipour, 2011).

O *output* é apenas tão bom como o *input* o que é, certamente, uma preocupação quando a atribuição de valores é mais subjetiva que objetiva. No EVM, isto ocorre quando o EV é atribuído a uma atividade, ou pacote de trabalho, com métodos como o PC, quando pode haver ambiguidade na atribuição do progresso. Todos já vimos tarefas que atingem rapidamente os 90% de execução mas depois demoram meses a atingir a sua conclusão. O Gestor de Projeto deve bater-se para ter dados o mais objetivos possível e minimizar a ocorrência, ou peso relativo, de avaliações subjetivas (Norton, Brennan e Mueller, 2014).

Durante o desenvolvimento de um projeto, a qualquer altura, algumas atividades estão concluídas (ou seja, 100% completas), algumas atividades ainda não foram iniciadas (ou seja, 0% completas) e outras atividades já foram iniciadas mas ainda não foram concluídas, e é para este último grupo que é necessário estimar o PC (Meredith e Mantel, 2012, p. 450). Para qualquer ponto intermédio o PC é, mais ou menos, arbitrado (Burke, 2003, p. 238).

Determinar realisticamente o progresso dos pacotes de trabalho é, normalmente, difícil mas essencial para garantir que o EVA é preciso e tem significado (Lukas, 2008). Medir o verdadeiro progresso de um projeto constitui uma tarefa colossal. Normalmente, mede-se o trabalho executado e compara-se com o planeado. Do mesmo modo, mede-se o dinheiro gasto e compara-se com o previsto. Mas, numa visão integrada, como é que se mede o progresso do projeto tendo em conta a tripla restrição de custo, tempo e âmbito? As duas simples medições anteriores separam calendário e custo e incluem o âmbito indiretamente, como função do calendário (Cioffi, 2006).

Muitas vezes o trabalho é reportado de uma forma qualitativa, com expressões como “quase pronto”. No entanto, após semanas sem atingir a conclusão, o Gestor de Projeto começa a suspeitar que talvez a pessoa responsável pelo trabalho não saiba a quantidade de trabalho que, efetivamente, foi executada (Lukas, 2008). Na tentativa de solucionar a imprecisão e a incerteza associada ao progresso e ao desempenho das atividades, Naeni, Shadrokh e Salehipour (2011) utilizaram termos linguísticos, para estimar a percentagem de conclusão de cada atividade, aos quais associaram números *fuzzy*.

Das técnicas para medir o EV, a Percentagem de Conclusão (*Percent Complete* – PC) é a mais simples e a mais utilizada, no entanto tem a desvantagem de utilizar julgamentos subjetivos para descrever a percentagem de trabalho completo (Naeni, Shadrokh e Salehipour, 2011). Esta técnica, onde em cada período é efetuada uma estimativa da percentagem completa de cada atividade, consegue ser a mais subjetiva de todas as técnicas para determinar o EV, se não existirem indicadores objetivos para suportar a estimativa. Isto conduz a erros e incertezas que resultam em julgamentos tendenciosos, quando o total de trabalho necessário para realizar uma determinada atividade é desconhecido, ou incerto, e está fora do controlo do Gestor de Projeto.

Por exemplo, na construção das fundações de uma barragem o terreno deve ser escavado até ser atingida rocha sólida. Antes de ser atingida esta camada, a quantidade exata de operações e o trabalho necessário são desconhecidos, e estão fora do controlo do Gestor de Projeto. Assim, a percentagem de conclusão da atividade de escavação não pode ser quantificada com exatidão. Também em projetos de pesquisa médica, e de desenvolvimento de medicamentos, a maioria dos recursos está afeta aos ensaios clínicos para testar os seus benefícios e efeitos secundários, que ocorrem no final do

projeto. A quantidade de trabalho necessária para obter conclusões científicas é desconhecida *à priori* (Naeni, Shadrokh e Salehipour, 2011). Outro exemplo, identificado por Norton, Brennan e Mueller (2014), é a construção de telescópios, onde a determinação do PC em tarefas associadas à concepção, análise, projeto de instrumentos complexos pode, certamente, estar sujeita a interpretações subjetivas.

Outro problema para a medição do progresso surge da pressão da gestão para influenciar os resultados reportados, quer para assegurar determinados resultados quer para evitar “más notícias”, na expectativa que os problemas de desempenho se alterem (Lukas, 2008). Os valores podem ser distorcidos por perspectivas otimistas no início de uma tarefa, quando estão ansiosos para mostrar progresso, ou por uma perspectiva pessimista no final, à medida que a complexidade da tarefa é melhor compreendida (Norton, Brennan e Mueller, 2014). Se o progresso for consistentemente reportado por excesso nas fases iniciais, os Gestores estarão a enganar-se pois a falta de progresso será óbvia nas fases finais (Burke, 2003, p. 211).

O controlo do projeto deve ser visto como uma ferramenta para auxiliar os Gestores de Projeto e é, por isso, necessário evitar a perseguição dos responsáveis pelas derrapagens, caso contrário será difícil obter informação (Burke, 2003, p. 220).

As técnicas quantitativas para medir o progresso do projeto são obviamente melhores que as qualitativas (subjetivas). A medição do progresso é uma estimativa pelo que não justifica despender demasiado tempo a tentar obter um valor exato, sobretudo para pacotes de trabalho pequenos. Em vez disso, deve ser dada especial atenção aos pacotes de trabalho com maior valor. Os erros inerentes a cada pacote de trabalho tendem a anular-se à medida que os valores de progresso são agregados ao nível do projeto (Lukas, 2008).

Para projetos com poucas atividades, as medições grosseiras do progresso podem ser enganosas. No entanto, em projetos com um número significativo de atividades, o erro originado pela estimativa associada a pequenas partes do projeto (relativamente ao valor total de tempo/custo) tornam o erro insignificante (Meredith e Mantel, 2012, p. 451).

O elo mais fraco no cálculo do EV é a determinação do PC (Burke, 2003, p. 238). A dificuldade em efetuar análises decorre da dificuldade em prever o PC que, além de ser arbitrária, e não ser uma tarefa simples, deve ser aplicada individualmente a cada

atividade, e não ao projeto como um todo. Estimar a percentagem de conclusão de um projeto sem estudar cuidadosamente cada uma das suas atividades não é sensato. (Meredith e Mantel, 2012, p. 450).

A aferição do progresso deve ser efetuada, pelo menos, mensalmente para cada pacote de trabalho em execução dentro de uma conta de controlo (Humphreys Associates, 2013). O tempo necessário para reportar o progresso leva a que esta tarefa seja, muitas vezes, negligenciada (Burke, 2003, p. 220).

A tendência em estimar com precisão o estado de conclusão de um projeto, por exemplo 73% de conclusão, não tem, na maioria dos casos, significado real. A tarefa de estimar é difícil e arbitrária, sendo por isso que a regra 50/50, e outras semelhantes, são adotadas. Para trabalhos detalhados, pequenos e de curta duração, as regras 50/50 e 25/75 são usuais e eficazes (PMI, 2011, p. 37). A regra 50/50 é demasiado generosa no início das atividades e conservativa próximo do final, tendendo a equilibrar-se numa perspetiva global (Meredith e Mantel, 2012, p. 451). Quando uma atividade inicia é atribuída 50% de conclusão e quando termina 100%. Se os pacotes de trabalho forem pequenos (inferiores a 50 horas), este método funcionará bem (Burke, 2003, p. 238). Os métodos de “fórmula fixa” são, habitualmente, utilizados em pacotes de trabalho de curta duração mas podem, facilmente, ser utilizadas em projetos complexos, quando ocorram tarefas repetitivas. Quando utilizado em muitas tarefas dentro de uma conta de controlo, a média das avaliações com “fórmula fixa” torna este método razoável (Norton, Brennan e Mueller, 2014).

O erro no EV total do projeto, associado à utilização de regras simples para creditar o EV de cada atividade individual, tende a reduzir à medida que o projeto se desenvolve. Estas regras são adequadas a atividades cuja duração não exceda três períodos de reporte e haja várias atividades simultâneas (Webb, 2003, p. 76).

Para reduzir o erro, outra possibilidade é a limitação da duração dos pacotes de trabalho medidos com PC. De acordo com a Humphreys Associates (2013), com o objetivo de melhorar a qualidade dos dados reportados, um grande empreiteiro limita o número de atividades medidas desta forma a 75% e os pacotes de trabalho não podem exceder 3 meses de duração nem 1000 horas.

A medição do progresso e dos custos deve ser periódica. É essencial, para um

controle efetivo do projeto, que o desempenho seja medido enquanto ainda há tempo para tomar ações corretivas (Burke, 2003, p. 224).

O PC é, normalmente, estimado de forma subjetiva e para pacotes de trabalho longos em duração. Nestes, os problemas surgem quando os pacotes de trabalho estão perto do final e se torna óbvio que o EV foi sobrestimado, o que se traduz em desvios de prazo e custo que podem não ser já possíveis de corrigir (Humphreys Associates, 2013).

Fora da Gestão de Projetos, o PC é utilizado como técnica de contabilidade no reconhecimento de despesas e receitas em contratos de longo prazo. A IAS 11 e a IAS18 (*International Accounting Standard*) descrevem técnicas semelhantes às atrás apresentadas, no Método da Percentagem de Conclusão (*Percentage-of-Completion Method* – PCM) (IASC, 1993a, 1993b). Ambas as normas foram substituídas pela IFRS15 (*International Financial Reporting Standard*) que indica que o reconhecimento da receita das obrigações de desempenho (*performance obligations*) ao longo do tempo deve ter por base o PC, reconhecendo as receitas e despesas proporcionalmente ao total do contrato (IFRS Foundation, 2014).

De acordo com a Investopedia (2018b), o PCM é vulnerável a abusos, permitindo manipular facilmente valores e subestimar, ou sobrestimar, quantias. Por oposição, há o Método do Contrato Completo (*Complete Contract Method* – CCM) (Investopedia, 2018a), semelhante à “fórmula fixa” 0/100.

3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Este estudo pretende avaliar, em contexto real, o erro das métricas de EVA originado pela incerteza na medição do progresso do projeto, mantendo todas as restantes variáveis constantes, isto é, com uma análise *ceteris paribus* do PC.

Para o efeito, são analisados vários projetos reais, seguindo uma metodologia de Múltiplos Casos de Estudo (Yin, 2014, p. 16), que permita retirar conclusões e aumentar a confiabilidade da análise. Os projetos utilizados são descritos no ponto 3.1 e a medição de progresso é efetuada conforme descrito no ponto 3.2.

O estudo segue uma abordagem quantitativa, com o objetivo de responder às questões de investigação. Numa primeira fase, o erro do EV, associado à incerteza na medição do progresso, é analisado através da descrição estatística do Erro Percentual

Médio Absoluto (*Mean Absolute Percentage Error – MAPE*), conforme ponto 3.3.

Numa segunda fase, avalia-se a influência das características de planeamento de tempo e custo do projeto no erro através de métodos para Dados de Painel (*Panel Data Model*), conforme ponto 3.4.

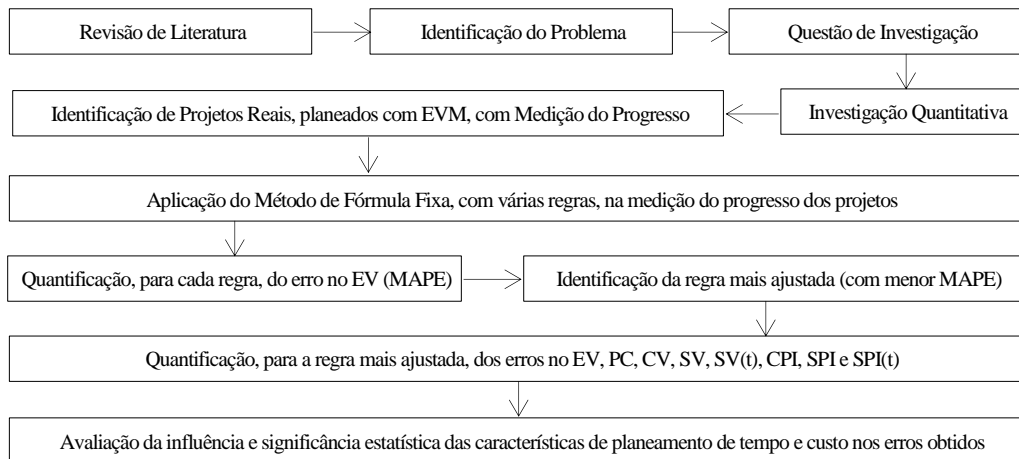


FIGURA 1 – PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO.

3.1. Base de Dados de Projetos Reais

No estudo foi utilizada a base de dados de projetos reais localizada em <http://www.or-as.be/research/database> (Batselier e Vanhoucke, 2015a; Vanhoucke, Coelho e Batselier, 2016). À data de realização do estudo, a base de dados possuía 125 projetos (C2011-01 a C2016-24), dos quais 23 não possuíam medição de progresso.

Para garantir a exaustividade e a representatividade da amostra, foram considerados os 23 projetos cuja autenticidade como projeto real foi confirmada por Batselier e Vanhoucke (2015b). Destes, para garantir a homogeneidade dos resultados e evitar distorção, foram excluídos os projetos cujos intervalos de tempo entre *Tracking Periods* (TP) não são constantes. Para controlar a amplitude do erro, em todas as atividades cuja duração se estende por mais que 3 TP, foram adotados os valores reais de progresso.

Foram selecionados os 15 projetos reais que se descrevem na TABELA III e analisados 332 *Tracking Periods* (TP), dos quais 185 possuíam atividades em execução ($0 < PC < 100$). A homogeneidade nos períodos de tempo entre TP dos projetos analisados apresenta-se na TABELA IV.

TABELA III
DESCRIÇÃO DOS PROJETOS REAIS ANALISADOS

Código	Projeto			Atividades (**)		
	Nome	Duração [dias] (*)	BAC [€]	Total [un]	Duração [dias] (*)	D > 3TP (***)
C2011-07	Patient Transport System	539	180.759,44	49	[1;97]	-
C2011-13	Wind Farm	723	21.369.835,51	100	[1;245]	12
C2012-13	Pumping Station Jabbeke	171	336.410,15	74	[0;32]	-
C2013-01	Wiedauwkaai Fenders	211	1.069.532,42	39	[1;211]	2
C2013-02	Sewage Plant Hove	554	1.236.603,66	123	[1;549]	1
C2013-05	PET Packaging	719	874.554,28	28	[29;661]	9
C2013-06	Government Office Building	547	19.429.810,51	273	[2;251]	2
C2013-07	Family Residence	282	180.476,47	46	[1;49]	-
C2013-13	Office Finishing Works (1)	326	1.118.496,59	11	[1;150]	2
C2013-15	Office Finishing Works (3)	235	341.468,11	16	[4;134]	1
C2013-16	Office Finishing Works (4)	269	248.203,92	5	[22;125]	-
C2013-17	Office Finishing Works (5)	221	244.205,40	22	[1;207]	1
C2014-01	Mixed-use Building	735	38.697.822,73	41	[7;295]	8
C2014-02	Playing Cards	171	191.492,70	21	[1;69]	3
C2014-03	Organizational Development	315	43.170,15	111	[1;52]	-

(*) Duração expressa em dias de calendário. (**) Atividades com custo superior a 1€. (***) Número de atividades com duração superior a 3 *Tracking Periods* (D > 3TP).

TABELA IV
DESCRIÇÃO DOS *TRACKING PERIODS* DOS PROJETOS ANALISADOS

Código	<i>Tracking Periods</i> (*)						0<PC<100 [un]	
	Qt. [un]	Min [dias]	Máx [dias]	\bar{x} [dias]	σ [dias]			
C2011-07	23	27	30	28	1	5	(**)	
C2011-13	120	6	9	7	0	49		
C2012-13	28	6	8	7	0	13		
C2013-01	6	30	30	30	0	5	(**)	
C2013-02	17	28	30	30	1	10	(**)	
C2013-05	31	28	30	30	1	18		
C2013-06	18	28	33	30	1	17		
C2013-07	11	24	30	29	2	5		
C2013-13	9	29	30	30	0	7	(***)	
C2013-15	6	30	30	30	0	3	(**)	
C2013-16	5	30	30	30	0	3	(**)	
C2013-17	5	30	30	30	0	3	(**)	
C2014-01	24	24	30	30	1	20		
C2014-02	29	6	9	7	1	15		
C2014-03	13	26	30	28	1	12		

(*) Duração em dias de calendário. (**) Excluindo o 1º e o último TP. (***) Excluindo 1 TP intermédio.

3.2. Medição do Progresso

No estudo, o progresso foi estimado pelo método da “fórmula fixa”, com o objetivo de analisar o erro originado por uma medição incorreta do progresso. Admite-se que o perfil acumulado de custo versus tempo nos projetos toma a forma de uma curva S (Cristóbal, 2017), pelo que, para garantir uma melhor aderência entre a curva real e a estimada do EV e, assim, controlar a amplitude do erro, os projetos foram divididos em

três estados de conclusão, em função do tempo decorrido:

- $0\% \leq t < 30\%$: Fase Inicial
- $30\% \leq t < 70\%$: Fase Intermédia
- $70\% \leq t \leq 100\%$: Fase Final

3.3. Erro no EV e Regra mais Ajustada

Adotou-se o método da “fórmula fixa” com regras 0/100, 10/90, 25/75, 50/50 e 75/25. Na TABELA VII descreve-se, com Estatística Descritiva (Mínimo, Máximo, Média e Desvio Padrão), o Erro Percentual Médio Absoluto (*Mean Absolute Percentage Error* – MAPE) entre o EV estimado e o real, obtidos para cada regra, em cada TP de cada projeto. Com base nos resultados, identifica-se a regra com melhor ajuste a cada projeto e estado de conclusão, isto é, a regra a que corresponde o MAPE mais baixo.

A análise gráfica das métricas de EVA apresenta-se no Anexo 1 e o MAPE foi calculado de acordo com a fórmula seguinte:

$$(8) \quad MAPE = \frac{100\%}{n} \times \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|, \text{ onde } A_t \text{ é o valor real e } F_t \text{ é o valor estimado.}$$

3.4. Influência das Características de Planeamento do Projeto

A influência das características de planeamento de tempo e custo do projeto foi estudada com modelos lineares usando métodos apropriados para a modelação de Dados de Painel (*Panel Data Model*), ou Dados Longitudinais, com painel não balanceado (*Unbalanced Panel*) – uma vez que os projetos possuem um número diferente de observações no tempo (Wooldridge, 2013, p. 491) – e fixo no número de projetos – dado que são sempre observados os mesmos projetos ao longo do tempo (William H. Greene, 2017, p. 377), com o *software* Stata (StataCorp, 2013).

A escolha de variáveis teve como base a análise da respetiva matriz de correlação simples. *Cross-sectional Data* são o conjunto de observações de indivíduos, ou unidades, distintos num determinado momento no tempo (Baum, 2006, p. 43) e o *Panel Data* contém a medição dessas unidades em vários períodos de tempo (Baum, 2006, pp. 46, 219). A utilização de várias observações ao longo do tempo das mesmas unidades comporta várias vantagens e permite inferir causalidade em situações onde seria muito difícil caso apenas existissem observações individuais (Wooldridge, 2013, p. 11).

Os métodos de estimação com Dados em Painel podem ser aplicados a estruturas de dados que não envolvem tempo e permitem lidar com feitos de grupo, ou de contexto, não observados mas expectáveis dentro das observações de cada projeto, correlacionados com as variáveis explicativas observadas. Estes métodos permitem analisar o efeito das variáveis explicativas dentro de cada projeto e entre projetos, removendo, em alguns métodos, o efeito não observado e eliminando o possível viés causado por características de contexto particulares (Wooldridge, 2013, p. 499).

Considerando os conjuntos de observações obtidas para a regra, do método da “fórmula fixa”, com melhor ajuste a cada projeto e estado de conclusão, identificada em 3.3 como sendo a que possui o MAPE mais baixo, aplicaram-se vários métodos para Dados de Painel para avaliar a significância estatística e a influência de cada variável explicativa associada às características de planejamento de tempo e custo do projeto nos erros obtidos. Foram adotadas as seguintes metodologias para estimar o modelo linear:

- Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados (*Ordinary Least Squares – OLS*) às 185 observações através de *Pooled OLS Estimation (POLS)*, admitindo que as observações em painel (*Panel Data*) associadas a cada TP (*cross-section data set*) de cada projeto são independentes e que os efeitos de grupo não observados não estão correlacionados com as variáveis explicativas para cada observação (Wooldridge, 2013, p. 855). A utilização de *Pooled Cross Sections* permite verificar como uma determinada relação varia entre observações sucessivas (Wooldridge, 2013, p. 10);
- Aplicação do Método de Dados em Painel de Efeitos Aleatórios (*Random Effects Model – RE*), admitindo que as observações em painel associadas a cada TP de cada projeto são independentes e que os efeitos de grupo não observados não estão correlacionados com as variáveis explicativas para cada observação (Wooldridge, 2013, p. 856).
- Aplicação do Método de Dados em Painel com Modelo de Efeitos Fixos (*Fixed Effects Model – FE*), admitindo que as observações em painel associadas a cada TP de cada projeto são independentes e que os efeitos de grupo não observados estão arbitrariamente correlacionados com as variáveis explicativas para cada observação (Wooldridge, 2013, p. 849).

Dentro de cada projeto, os resultados observados podem estar correlacionados, pelo que cada projeto constitui um *Cluster*. Assim, as análises foram repetidas com estimação robusta dos erros padrão, admitindo a existência de efeitos não observados comuns às observações dentro de cada projeto (*Cluster Effect*), corrigindo o erro padrão e, conseqüentemente, a significância estatística das variáveis explicativas com o estimador robusto por *Cluster* (que corrige a heterocedasticidade e autocorrelação *within*) (Wooldridge, 2013, pp. 500; 511; 845).

As variáveis explicativas analisadas podem ser agregadas em dois grupos: as variáveis explicativas primárias e as variáveis explicativas secundárias, que resultam do quociente entre variáveis explicativas primárias. Na TABELA V descrevem-se as características de planejamento de tempo e custo do projeto consideradas nas variáveis explicativas adotadas na análise.

TABELA V
DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE PLANEAMENTO DE TEMPO E CUSTO ANALISADAS
(VARIÁVEIS EXPLICATIVAS)

	ID	Descrição	Expressão
Variáveis Primárias	noTOTAL	Número Total de atividades do Projeto , enquanto medida da influência da dimensão absoluta da WBS.	
	noTP	Número Total de Tracking Periods (TP) do Projeto , enquanto medida da influência da quantidade absoluta de pontos de controlo (TP).	
	durPROJ	Duração do Projeto , enquanto medida da influência da duração do projeto.	
	durTOTAL	Duração Total do Projeto , não considerando paralelismo, ou <i>lags</i> , entre atividades, enquanto medida da influência do tempo de execução absoluto das atividades.	(9) $\sum \text{Duração das Ativ. do Projeto}$
	BAC	Budget at Completion , enquanto medida da influência do PV absoluto do projeto.	
	noAE	Quantidade absoluta de Atividades em Execução no TP , enquanto medida da influência das relações de precedência (atividades em paralelo <i>versus</i> atividades em série).	
	costAE	PV das Atividades em Execução no TP (quantidade absoluta) , enquanto medida da influência do custo absoluto das atividades em execução.	(10) $\sum \text{PV das Ativ. em Execução no TP}$
	durAE	Duração absoluta das Atividades em Execução no TP , enquanto medida da influência da duração absoluta das atividades em execução.	(11) $\sum \text{Duração das Ativ. em Execução no TP}$
Variáveis Secundárias	BAC_noTOTAL	PV (médio) por atividade do Projeto , enquanto medida da influência do PV das atividades.	(12) $\frac{BAC}{\text{Número Total de Ativ. do Projeto}}$
	BAC_noTP	PV (médio) por TP , enquanto medida da influência do PV controlado em cada TP.	(13) $\frac{BAC}{\text{Número Total de TP}}$
	BAC_durPROJ	PV (médio) por unidade de Duração do Projeto , enquanto medida da influência do PV por unidade de tempo de projeto.	(14) $\frac{BAC}{\text{Duração do Projeto}}$
	BAC_durTOTAL	PV (médio) por unidade de Duração Total das atividades do Projeto , enquanto medida da influência do PV por unidade de tempo das atividades.	(15) $\frac{BAC}{\sum \text{Duração das Ativ. do Projeto}}$
	noAE_noTOTAL	Quantidade relativa de Atividades em Execução no TP , enquanto medida da influência da quantidade ponderada de atividades em execução simultânea.	(16) $\frac{\text{Número de Atividades em Execução no TP}}{\text{Número Ativ. do Projeto}}$

ID	Descrição	Expressão
costAE_BAC	PV relativo das Atividades em Execução no TP , enquanto medida da influência do PV ponderado das atividades em execução simultânea.	(17) $\frac{\sum PV \text{ das Ativ. em Execução no TP}}{BAC}$
costAE_noAE	PV (médio) por Atividade em Execução no TP , enquanto medida da influência do PV individual das atividades em execução.	(18) $\frac{\sum PV \text{ das Ativ. em Execução no TP}}{\text{Número Total de Ativ. em Execução no TP}}$
durAE_durTOTAL	Duração relativa das Atividades em Execução no TP , para avaliar a influência da duração ponderada das atividades em execução.	(19) $\frac{\sum \text{Duração das Ativ. em Execução no TP}}{\sum \text{Duração das Ativ. do Projeto}}$
durAE_noAE	Duração (média) por Atividade em Execução no TP , enquanto medida da influência da duração individual das atividades em execução.	(20) $\frac{\sum \text{Duração das Ativ. em Execução no TP}}{\sum \text{Número Total de Ativ. em Execução no TP}}$

O coeficiente de determinação (R^2) define a percentagem de variação total na amostra da variável dependente que é explicada pelo modelo (Wooldridge, 2013, p. 38). Esta medida de aderência do modelo (*goodness-of-fit*) aumenta sempre que são adicionadas novas variáveis explicativas, o que torna o coeficiente de determinação inadequado para decidir se uma dada variável deve ser adicionada (Wooldridge, 2013, p. 80). A incorporação de variáveis irrelevantes não envies a estimação do modelo mas aumenta a variância do estimador dos coeficientes das restantes variáveis. Por outro lado, a exclusão de variáveis relevantes pode tornar o modelo tendencioso (Wooldridge, 2013, p. 104). Um modelo com demasiadas variáveis irrelevantes pode conduzir à perda de eficiência do estimador dos coeficientes e, por conseguinte, a estimativas menos precisas (Baum, 2006, p. 121). A opção de incorporar uma variável no modelo é baseada na análise da significância estatística e pode ser feita pela análise da sua influência na aderência e na variância (Wooldridge, 2013, p. 98).

Para identificar as variáveis irrelevantes, adotou-se o procedimento iterativo seguinte: para cada variável dependente foram construídos 3 modelos lineares (POLS, RE e FE) iniciais (“Modelo Inicial”), com todas as variáveis explicativas apresentadas na TABELA V. Quando no modelo obtido existissem variáveis sem significância estatística (p-valor > 0,05), na iteração seguinte era eliminada a que apresentasse o p-valor mais elevado. O procedimento repetiu-se até todas as variáveis explicativas do modelo possuírem significância estatística, ou até serem eliminadas todas as variáveis. Após a eliminação da segunda variável irrelevante, em cada iteração foi realizado o *F-test* de significância conjunta das variáveis eliminadas (Wooldridge, 2013, p. 148), por forma a assegurar que eram eliminadas apenas variáveis que não possuíam significância estatística isolada ou em conjunto (p-valor > 0,05). O modelo final adotado (“Modelo Final Individual”) foi o que registou o maior número de variáveis

explicativas com significância estatística (individual e conjunta) no processo iterativo descrito.

Do processo anterior, resultaram 3 “Modelos Finais Individuais” (POLS, RE e FE), para cada variável dependente. A partir destes modelos, para cada variável dependente, construiu-se um “Modelo Intermédio” único, constituído pelas variáveis independentes resultantes dos 3 “Modelos Finais Individuais”.

Para seleccionar o modelo mais adequado para construir o “Modelo Final”, adotou-se a metodologia sugerida por Park (2011), apresentada na TABELA VI, com base nos testes *F-test*, *Breusch-Pagan Lagrange multiplier (LM) test* e *Hausman test*. O *F-test* adotado compara o modelo POLS com o modelo de FE, estimado com uma regressão OLS com um conjunto de variáveis *dummy* (LSDV) e examina a alteração na aderência dos modelos. Estes testes não podem, no entanto, ser aplicados em modelos com estimação robusta dos erros padrão pelo que, para cada variável dependente, se construiu um “Modelo Intermédio Final”, que resultou do conjunto das variáveis explicativas obtidas no “Modelo Intermédio” com, e sem, estimação robusta dos erros padrão. Os testes foram realizados neste modelo, sem estimação robusta dos erros padrão.

Para o modelo seleccionado com a metodologia apresentada na TABELA VI, o “Modelo Final” resultou da eliminação das variáveis irrelevantes do “Modelo Intermédio Final”, adotando um procedimento idêntico ao descrito para a construção do “Modelo Final Individual”, com, e sem, estimação robusta dos erros padrão, isto é, admitindo, ou não, correlação entre as observações das variáveis explicativas do mesmo projeto em momentos diferentes do tempo.

TABELA VI
METODOLOGIA PARA SELECIONAR O MODELO DE PAINEL MAIS ADEQUADO (Park, 2011)

Fixed Effect (F test)	Random Effect (B-P LM test)	Your Selection
H_0 is not rejected (No fixed effect)	H_0 is not rejected (No random effect)	Pooled OLS
H_0 is rejected (fixed effect)	H_0 is not rejected (No random effect)	Fixed effect model
H_0 is not rejected (No fixed effect)	H_0 is rejected (random effect)	Random effect model
H_0 is rejected (fixed effect)	H_0 is rejected (random effect)	Choose a fixed effect model if the null hypothesis of a Hausman test is rejected; otherwise, fit a random effect model.

O procedimento proposto para construir o “Modelo Final” de cada variável dependente, é sintetizado na FIGURA 2.

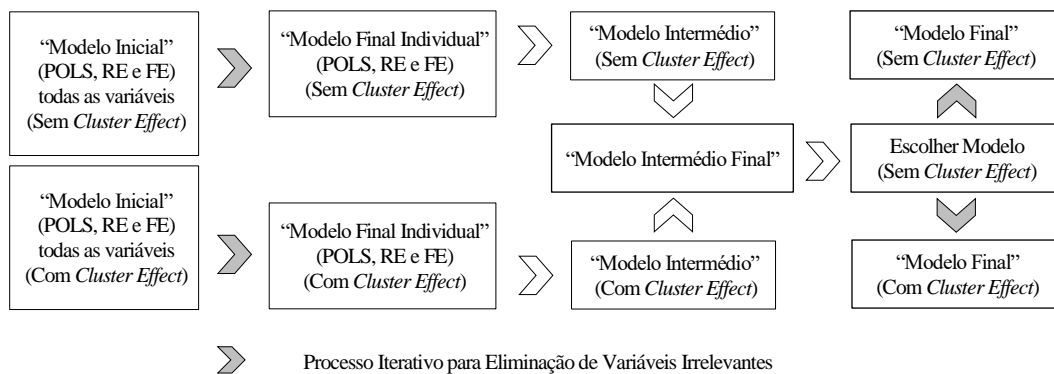


FIGURA 2 – PROCEDIMENTO PARA CONSTRUIR O MODELO FINAL.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Erro originado pela Incerteza na Medição do Progresso

O EV_{Real} e o $EV_{Estimado}$ foram determinados pelas expressões seguintes:

$$(21) \quad EV_{Real} = PC_{Real} \times PV$$

$$(22) \quad EV_{Estimado} = PC_{Estimado} \times PV$$

Para determinar o *Earned Schedule* (ES) a curva PV foi obtida pela interpolação linear dos conjuntos (Data; PV) dos TP do projeto. Para cada TP, o ES é a data a que corresponde a projeção horizontal do EV na curva interpolada de PV.

Para cada projeto, apresenta-se, na TABELA VII, o MAPE (8) obtido para o erro do EV, para cada fase e para cada regra, e a descrição estatística do MAPE do erro do EV, para todas as regras em todos os TP com atividades em execução (AE).

TABELA VII
MAPE EV E DESCRIÇÃO DA MAPE EV AMOSTRA

Código Projeto	Regra	MAPE EV [%]				MAPE EV					
		0% ≥ t < 30%	30% ≥ t < 70%	70% ≥ t ≤ 100%	0% ≥ t ≤ 100%	Qt. AE [un]	Qt. TP [un]	Mín. [%]	Máx. [%]	\bar{x} [%]	s [%]
C2011-07	0/100	---	---	0,55	0,55	6	5	0,00	1,96	0,34	0,51
	10/90	---	---	0,45	0,45						
	25/75	---	---	0,30	0,30						
	50/50	---	---	0,18	0,18						
	75/25	---	---	0,22	0,22						
C2011-13	0/100	10,50	---	2,99	4,22	100	49	0,00	33,96	2,57	3,95
	10/90	8,16	---	2,40	3,34						
	25/75	5,17	---	1,51	2,11						
	50/50	2,59	---	0,42	0,78						
	75/25	7,21	---	1,49	2,42						
C2012-13	0/100	15,91	1,34	1,13	4,57	15	13	0,00	22,30	2,88	5,26
	10/90	12,60	1,18	0,98	3,67						
	25/75	7,63	0,53	0,75	2,30						
	50/50	5,61	0,27	0,38	1,57						
	75/25	8,93	1,08	0,07	2,27						
³ 1	0/100	30,53	6,56	0,24	18,54	9	5	0,24	37,26	9,87	10,37

Código Projeto	Regra	MAPE EV [%]				MAPE EV					
		0% ≥ t < 30%	30% ≥ t < 70%	70% ≥ t ≤ 100%	0% ≥ t ≤ 100%	Qt. AE [un]	Qt. TP [un]	Mín. [%]	Máx. [%]	\bar{x} [%]	s [%]
	10/90	26,76	5,79	0,31	16,28						
	25/75	21,12	4,64	0,96	12,88						
	50/50	11,72	2,73	2,04	7,22						
	75/25	6,20	0,81	3,12	3,50						
C2013-02	0/100	9,63	1,82	2,22	4,05						
	10/90	7,22	1,54	1,70	3,16	26	10	0,00	14,19	2,23	3,05
	25/75	3,62	1,11	0,91	1,83						
	50/50	2,39	0,49	0,69	1,03						
	75/25	8,40	0,54	1,70	2,78						
C2013-05	0/100	16,50	17,60	4,86	17,16						
	10/90	13,21	13,77	3,87	13,54	32	18	0,00	39,20	7,11	9,06
	25/75	8,27	8,03	2,40	8,13						
	50/50	0,51	4,86	1,48	3,12						
	75/25	8,18	11,14	2,51	9,96						
C2013-06	0/100	18,62	6,15	0,94	11,34						
	10/90	14,58	5,00	0,74	9,00	94	17	0,00	43,54	5,23	8,11
	25/75	8,70	3,29	0,46	5,55						
	50/50	6,98	1,27	0,25	3,65						
	75/25	11,67	2,43	0,51	6,28						
C2013-07	0/100	66,54	0,90	4,14	40,93						
	10/90	55,50	0,24	3,66	34,08	5	5	0,24	85,16	26,32	27,58
	25/75	38,94	0,75	2,96	24,10						
	50/50	26,55	2,40	1,77	16,77						
	75/25	24,62	4,05	0,59	15,70						
C2013-13	0/100	7,01	3,27	0,16	3,98						
	10/90	5,30	2,90	0,13	3,14	11	7	0,01	13,79	2,68	3,33
	25/75	2,73	2,34	0,10	1,87						
	50/50	3,08	1,44	0,04	1,74						
	75/25	5,83	0,56	0,03	2,67						
C2013-15	0/100	89,27	59,88	---	79,47						
	10/90	61,40	49,02	---	57,27	12	3	3,64	210,91	58,03	53,10
	25/75	23,23	32,72	---	26,39						
	50/50	57,19	5,55	---	39,98						
	75/25	119,76	21,61	---	87,05						
C2013-16	0/100	100,00	100,00	---	100,00						
	10/90	46,91	83,67	---	71,42	15	3	1,24	298,17	81,79	73,00
	25/75	32,72	59,17	---	50,35						
	50/50	165,45	19,58	---	68,20						
	75/25	298,17	29,36	---	118,97						
C2013-17	0/100	78,58	20,36	---	39,77						
	10/90	50,13	16,73	---	27,86	9	3	0,58	134,78	30,14	37,03
	25/75	7,46	11,27	---	10,00						
	50/50	63,66	3,48	---	23,54						
	75/25	134,78	6,91	---	49,53						
C2014-01	0/100	11,54	3,65	1,06	4,98						
	10/90	8,89	2,95	0,91	3,93	34	20	0,00	30,96	3,30	5,28
	25/75	4,98	1,90	0,68	2,36						
	50/50	6,40	0,79	0,31	2,07						
	75/25	9,11	1,67	0,14	3,15						
C2014-02	0/100	16,02	7,38	2,19	5,77						
	10/90	10,65	5,88	1,51	4,19	17	15	0,00	44,29	4,54	6,40
	25/75	7,50	3,96	1,34	3,04						
	50/50	13,74	2,46	1,67	3,54						
	75/25	24,30	4,17	2,91	6,18						
C2014-03	0/100	43,50	30,21	9,94	25,09						
	10/90	33,47	24,72	8,29	20,06	87	12	0,00	98,59	15,17	18,41
	25/75	18,44	16,47	5,81	12,52						
	50/50	6,62	7,89	2,45	5,31						
	75/25	31,68	11,02	3,06	12,87						

Para cada regra analisada, quantificam-se na TABELA VIII o número de projetos e de TP onde aquela foi a regra mais ajustada, por fase e por projeto.

TABELA VIII
DISTRIBUIÇÕES MAIS AJUSTADAS POR FASE

t	Regra	Qt. Proj.		Qt. TP		t	Regra	Qt. Proj.		Qt. TP			
		[un]	[%]	[un]	[%]			[un]	[%]	[un]	[%]		
0% ≥ t < 30%	0/100	0	0,00	0	0,00	0% ≥ t ≤ 100%	0/100	0	0,00	1	0,54		
	10/90	0	0,00	0	0,00			10/90	0	0,00	1	0,54	
	25/75	6	42,86	14	31,82				25/75	4	26,67	22	11,89
	50/50	6	42,86	25	56,82					50/50	9	60,00	136
75/25	2	14,29	5	11,36	75/25		2				13,33	25	13,51
0/100	0	0,00	0	0,00			0/100	0			0,00	0	0,00
10/90	1	7,69	1	2,04				10/90	0		0,00	0	0,00
25/75	0	0,00	0	0,00					25/75	1	8,33	8	8,70
50/50	10	76,92	44	89,80	50/50	6				50,00	67	72,83	
75/25	2	15,38	4	8,16		75/25	4			33,33	16	17,39	
0/100	1	8,33	1	1,09			0/100	1		8,33	8	8,70	
10/90	0	0,00	0	0,00				10/90	0	0,00	0	0,00	
25/75	1	8,33	8	8,70	25/75				1	8,33	8	8,70	
50/50	6	50,00	67	72,83		50/50			6	50,00	67	72,83	
75/25	4	33,33	16	17,39			75/25		4	33,33	16	17,39	

Para a regra mais ajustada a cada fase de cada projeto, adiante designada apenas como regra mais ajustada, apresenta-se na TABELA IX a descrição estatística dos erros nos TP com atividades em execução. No âmbito deste estudo (análise *ceteris paribus* do PC), o erro do EV é igual ao erro do PC, do SPI e do CPI, uma vez que, em cada TP, a única variável é o EV, sendo o PV e o AC tomados como constantes. Pelo mesmo motivo, o erro do ES é igual ao erro do SPI(t).

TABELA IX
DESCRIÇÃO DA AMOSTRA PARA A DISTRIBUIÇÃO MAIS AJUSTADA POR PROJETO

Projeto	TP [un]	Var.	MAPE [%]				
			EV/PC/SPI/CPI	SV	CV	ES/SPI(t)	SV(t)
C2011-07	5	Mín.	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00
		Máx.	0,46	35,45	8,06	0,56	3,04
		\bar{x}	0,18	7,75	3,12	0,16	0,95
		s	0,19	15,50	3,12	0,24	1,33
C2011-13	49	Mín.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Máx.	5,31	34,93	24,24	3,98	34,93
		\bar{x}	0,78	2,62	2,34	0,21	2,26
		s	1,26	6,13	4,72	0,60	6,03
C2012-13	13	Mín.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Máx.	9,38	329,63	2123,09	32,78	666,57
		\bar{x}	1,38	48,13	183,88	4,29	71,60
		s	3,15	115,83	584,76	10,44	192,06
C2013-01	5	Mín.	0,09	2,69	0,32	0,10	2,69
		Máx.	40,64	139,43	307,85	18,22	142,04
		\bar{x}	9,00	38,70	107,92	4,54	53,97
		s	17,75	58,48	148,79	7,77	67,14
C2013-02	10	Mín.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Máx.	2,87	80,01	24,01	3,04	80,01

Projeto	TP [un]	Var.	MAPE [%]				
			EV/PC/SPI/CPI	SV	CV	ES/SPI(t)	SV(t)
		\bar{x}	0,93	15,42	9,33	1,01	18,08
		s	1,10	26,67	10,27	1,15	29,96
C2013-05	18	Mín.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Máx.	18,89	14,12	17,42	30,56	34,01
		\bar{x}	2,39	3,45	5,73	3,13	2,66
		s	4,47	4,01	6,18	7,44	7,89
C2013-06	17	Mín.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Máx.	15,10	195,41	40,22	19,80	195,41
		\bar{x}	2,65	30,15	11,49	2,88	29,71
		s	4,26	45,88	12,26	5,48	46,03
C2013-07	5	Mín.	0,24	0,75	11,84	0,25	0,75
		Máx.	57,08	60,75	1408,61	57,08	16,31
		\bar{x}	14,94	22,66	306,15	15,02	6,96
		s	24,07	26,33	616,77	24,01	5,89
C2013-13	7	Mín.	0,01	0,02	0,06	0,01	0,02
		Máx.	4,68	14,94	74,37	3,07	21,03
		\bar{x}	1,34	6,54	21,87	1,00	7,65
		s	1,94	5,40	33,40	1,24	7,76
C2013-15	3	Mín.	3,64	3,69	3,32	2,49	3,69
		Máx.	42,82	54,00	292,72	24,07	51,96
		\bar{x}	17,34	21,95	112,65	9,77	20,64
		s	22,09	27,85	157,14	12,39	27,15
C2013-16	3	Mín.	1,24	13,84	14,67	0,64	43,29
		Máx.	37,91	1306,91	185,51	21,90	453,16
		\bar{x}	23,96	562,56	99,50	11,29	275,83
		s	19,85	668,36	85,43	10,63	210,44
C2013-17	3	Mín.	1,29	2,70	17,24	0,59	2,70
		Máx.	7,46	23,77	26,30	7,46	14,07
		\bar{x}	4,81	10,06	22,10	4,00	6,82
		s	3,17	11,88	4,57	3,44	6,29
C2014-01	20	Mín.	0,00	0,31	0,02	0,02	0,06
		Máx.	15,49	84,33	81,32	15,49	84,33
		\bar{x}	1,67	13,34	8,42	1,82	12,42
		s	3,57	22,17	20,29	3,59	21,95
C2014-02	15	Mín.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Máx.	10,08	30,67	906,53	14,30	30,67
		\bar{x}	2,54	8,74	99,13	2,46	5,99
		s	2,67	7,99	228,75	3,56	7,29
C2014-03	12	Mín.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Máx.	13,66	181,82	18,07	12,25	178,33
		\bar{x}	5,31	27,51	5,93	3,70	25,79
		s	4,55	49,63	5,63	3,48	49,41

Para o conjunto das observações associadas à regra mais ajustada, obtiveram-se os resultados apresentados na TABELA X.

TABELA X
DESCRIÇÃO DA AMOSTRA MAIS AJUSTADA

Projeto	TP [un]	Var.	MAPE [%]				
			EV/PC/SPI/CPI	SV	CV	ES/SPI(t)	SV(t)
All	185	Mín.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Máx.	57,08	1306,91	2123,09	57,08	666,57
		\bar{x}	3,01	23,71	40,89	2,59	19,98
		s	7,42	106,15	200,72	6,61	69,97

4.2. Fatores com Influência no Erro

Para o conjunto das observações associadas à regra mais ajustada, apresenta-se, no Anexo 2, a matriz de correlação entre variáveis. Algumas das variáveis explicativas primárias não variam dentro do projeto, pelo que algumas das variáveis secundárias resultam do quociente entre uma variável explicativa e uma constante, o que justifica algumas das correlações fortes e muito fortes verificadas entre as possíveis variáveis explicativas. Estas variáveis foram, no entanto, mantidas para permitir avaliar a sua influência entre projetos.

Verifica-se que o erro no EV possui uma correlação moderada com o PV relativo das atividades em execução ($costAE_BAC$), fraca com a duração (absoluta e relativa) e com a quantidade relativa das atividades em execução ($durAE$, $durAE_durTOTAL$ e $noAE_noTOTAL$) e desprezável com as restantes variáveis. Todas as correlações são positivas, isto é, o erro aumenta quando aumenta qualquer uma das variáveis e diminui no caso contrário.

Foram identificadas correlações com as mesmas variáveis para o erro no SV e, à exceção da duração absoluta das atividades em execução, também para o erro no SV(t).

O erro do CV apresentou correlações desprezáveis com todas as variáveis explicativas.

O efeito conjunto das variáveis explicativas foi avaliado de acordo com a metodologia descrita em 3.4. Na TABELA XII apresentam-se os modelos intermédios obtidos para o erro do EV e, no Anexo 3, para os restantes erros de EVA. Adotaram-se as unidades apresentadas na TABELA XI.

TABELA XI
UNIDADES ADOTADAS NO MODELO

Var.	Un.
$durPROJ / durTOTAL / durAE / durAE_noAE$	x100 Dias
$BAC_durPROJ / BAC_durTOTAL$	M€ / Dia
$noTP / noTOTAL / noAE$	Un
$noAE_noTOTAL / costAE_BAC / durAE_durTOTAL$	%
$BAC / BAC_noTOTAL / BAC_noTP / costAE / costAE_noAE$	M€
Var. Dependentes	%

TABELA XII
 “MODELO INTERMÉDIO” PARA O ERRO DO EV

EV / PC SPI / CPI	“Modelo Inicial”						“Modelo Final Individual”						“Modelo Intermédio” Sem Cluster Effect
	POLs		RE		FE		POLs		RE		FE		
	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t	
noTOTAL	-0,036	0,172	-0,036	0,172	(omitted)		-0,029	0,016	-0,019	0,478	(omitted)		noTOTAL
noTP	-0,176	0,222	-0,176	0,220	(omitted)		-0,155	0,008	-0,094	0,337	(omitted)		noTP
durPROJ	0,028	0,980	0,028	0,980	(omitted)						(omitted)		
durTOTAL	0,105	0,509	0,105	0,508	(omitted)						(omitted)		
BAC	-0,795	0,774	-0,795	0,774	(omitted)				-1,246	0,191	(omitted)		BAC
BAC_noTOTAL	-11,789	0,826	-11,789	0,826	(omitted)		-17,852	0,019			(omitted)		BAC_noTOTAL
BAC_noTP	-2,580	0,963	-2,580	0,963	(omitted)						(omitted)		
BAC_durPROJ	477,080	0,884	477,080	0,884	(omitted)				667,093	0,332	(omitted)		BAC_durPROJ
BAC_durTOTAL	1725,607	0,619	1725,607	0,619	(omitted)		1343,234	0,015	1223,602	0,337	(omitted)		BAC_durTOTAL
noAE	0,089	0,846	0,089	0,846	-0,237	0,617							
noAE_noTOTAL	-0,371	0,018	-0,371	0,017	0,242	0,507		-0,287	0,002	-0,324	0,006		noAE_noTOTAL
costAE	-1,305	0,523	-1,305	0,522	-1,162	0,566				-1,864	0,152		costAE
costAE_BAC	0,541	0,000	0,541	0,000	0,490	0,001	0,481	0,000	0,540	0,000	0,424	0,000	costAE_BAC
costAE_noAE	-1,406	0,705	-1,406	0,705	-1,322	0,719							
durAE	-0,826	0,604	-0,826	0,603	-1,859	0,306							
durAE_durTOTAL	0,070	0,546	0,070	0,545	0,111	0,421							
durAE_noAE	-0,810	0,842	-0,810	0,842	2,110	0,630							
_cons	4,849	0,372	4,849	0,370	-0,633	0,770	6,026	0,001	3,297	0,078	0,218	0,788	
Number of obs	185		185		185		185		185		185		
Prob > F	0,0000		0,0000		0,0069		0,0000		0,0000		0,0001		
R-squared within	---		0,1		0,1201		---		0,0995		0,0914		
R-squared between	---		0,8846		0,6908		---		0,8707		0,7317		
R-squared overall	0,3644		0,3644		0,2592		0,3492		0,3535		0,2859		
F-test (P-value) Removed Variables	---		---		---		0,9689		0,9811		0,6248		

EV / PC SPI / CPI	“Modelo Inicial” (Std. Err. adjusted for 15 clusters in Proj)						“Modelo Final Individual” (Std. Err. adjusted for 15 clusters in Proj)						“Modelo Intermédio” Com Cluster Effect
	POLs		RE		FE		POLs		RE		FE		
	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t	
noTOTAL	-0,036	0,242	-0,036	0,222	(omitted)		-0,038	0,019	-0,032	0,046	(omitted)		noTOTAL
noTP	-0,176	0,415	-0,176	0,401	(omitted)		-0,202	0,005	-0,185	0,009	(omitted)		noTP
durPROJ	0,028	0,986	0,028	0,986	(omitted)						(omitted)		
durTOTAL	0,105	0,547	0,105	0,537	(omitted)		0,058	0,054	0,042	0,255	(omitted)		durTOTAL
BAC	-0,795	0,878	-0,795	0,876	(omitted)						(omitted)		
BAC_noTOTAL	-11,789	0,893	-11,789	0,891	(omitted)		-24,283	0,008	-21,863	0,025	(omitted)		BAC_noTOTAL
BAC_noTP	-2,580	0,965	-2,580	0,964	(omitted)						(omitted)		
BAC_durPROJ	477,080	0,918	477,080	0,916	(omitted)						(omitted)		
BAC_durTOTAL	1725,607	0,661	1725,607	0,654	(omitted)		1853,919	0,007	1710,989	0,008	(omitted)		BAC_durTOTAL
noAE	0,089	0,884	0,089	0,882	-0,237	0,580							
noAE_noTOTAL	-0,371	0,365	-0,371	0,349	0,242	0,651		-0,325	0,171	-0,307	0,289		noAE_noTOTAL
costAE	-1,305	0,478	-1,305	0,466	-1,162	0,590		-1,747	0,125	-1,768	0,171		costAE
costAE_BAC	0,541	0,201	0,541	0,180	0,490	0,298	0,518	0,033	0,512	0,082	0,424	0,162	costAE_BAC
costAE_noAE	-1,406	0,493	-1,406	0,481	-1,322	0,538							
durAE	-0,826	0,723	-0,826	0,718	-1,859	0,546							
durAE_durTOTAL	0,070	0,491	0,070	0,479	0,111	0,405							
durAE_noAE	-0,810	0,803	-0,810	0,799	2,110	0,661							
_cons	4,849	0,665	4,849	0,658	-0,633	0,860	6,343	0,002	5,731	0,010	0,218	0,910	
Number of obs	185		185		185		185		185		185		
Prob > F	---		---		0,4290		0,0000		0,0000		0,1623		
R-squared within	---		0,1000		0,1201		---		0,0995		0,0914		
R-squared between	---		0,8846		0,6908		---		0,8682		0,7317		
R-squared overall	0,3644		0,3644		0,2592		0,3603		0,3591		0,2859		
F-test (P-value) Removed Variables	---		---		---		0,6600		0,6616		0,4138		

POLS – Linear Regression / RE – Random-effects GLS Regression (15 groups) / FE – Fixed-effects (within) Regression (15 groups)

Não foi identificada significância estatística para qualquer variável do Modelo FE, com estimação robusta dos erros padrão, do erro do EV (p-valor > 0,05), assim como significância global. Para o “Modelo Intermédio Final”, apresenta-se na TABELA XIII os resultados dos testes de seleção do “Modelo Final”, sem considerar a estimação robusta dos erros padrão.

TABELA XIII
HAUSMAN, LM E F-TEST – “MODELO INTERMÉDIO FINAL” PARA O ERRO DO EV

Hausman test – (RE vs FE) – Prob > chi2	0,7849	RE
LM test – (RE vs OLS) – Prob > chibar2	0,0554	OLS
F-test – (FE vs OLS) – Prob > F	0,1151	OLS

Para o “Modelo Intermédio Final” do erro do EV, o teste *Hausman* não rejeita a hipótese nula (H_0 : RE são consistentes e eficientes), uma vez que o p-valor (Prob>chi2) é superior a 5%. Assim, selecionamos o modelo RE, o que significa que os efeitos de grupo dentro de cada projeto não estão correlacionados com as variáveis explicativas (ou independentes) e podem ser tomados como aleatórios.

De acordo com teste LM, uma vez que o p-valor (Prob > chibar2) é superior a 5%, a hipótese nula não é rejeitada. Assim, não há evidência de diferenças significativas não observadas entre projetos pelo que podemos adotar o modelo POLS.

No *F-test*, a hipótese nula não é rejeitada (p-valor > 0,05), pelo que o modelo POLS é mais apropriado que o FE.

De acordo com a metodologia apresentada na TABELA VI, adota-se o modelo POLS na análise da influência das variáveis explicativas no erro do EV.

TABELA XIV
“MODELO FINAL” PARA O ERRO DO EV

EV / PC / SPI / CPI	“Modelo Intermédio Final”				“Modelo Final”			
	Sem		Com		Sem		Com	
	Cluster Effect Coef.	P> t	Cluster Effect Coef.	P> t	Cluster Effect Coef.	P> t	Cluster Effect Coef.	P> t
noTOTAL	-0,037	0,118	-0,037	0,204	-0,029	0,016	-0,040	0,031
noTP	-0,181	0,107	-0,181	0,218	-0,155	0,008	-0,194	0,005
durTOTAL	0,056	0,340	0,056	0,039			0,054	0,050
BAC	-0,317	0,850	-0,317	0,893				
BAC_noTOTAL	-19,759	0,457	-19,759	0,615	-17,852	0,019	-24,440	0,009
BAC_durPROJ	181,991	0,827	181,991	0,878			29,276	0,762
BAC_durTOTAL	1751,928	0,081	1751,928	0,009	1343,234	0,015	1751,199	0,009
noAE_noTOTAL	-0,336	0,002	-0,336	0,230	-0,287	0,002	-0,328	0,180
costAE	-1,822	0,170	-1,822	0,170			-1,781	0,138
costAE_BAC	0,532	0,000	0,532	0,077	0,481	0,000	0,521	0,038
_cons	5,717	0,140	5,717	0,338	6,026	0,001	6,357	0,002

EV / PC / SPI / CPI	“Modelo Intermédio Final”				“Modelo Final”			
	Sem		POLs		Sem		POLs	
	Cluster Effect		Cluster Effect		Cluster Effect		Cluster Effect	
	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t
Number of observations	185		185		185		185	
Prob > F	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
R-squared overall	0,3605		0,3605		0,3492		0,3603	
F-test (P-value)	0,9941		0,5445		0,5506		0,8934	
Removed Variables								

Os modelos finais possuem significância estatística global (p -valor $< 0,05$). O p -valor do conjunto das variáveis rejeitadas (F -test) é 0,5506 e 0,8934, respetivamente para o modelo com e sem estimação robusta dos erros padrão, pelo que não foi identificada significância estatística individual ou conjunta nas variáveis rejeitadas. O modelo final explica 35% (R -squared) do erro do EV (36% considerando o modelo com estimação robusta dos erros padrão).

Para o erro do EV, identificou-se significância estatística no número total de atividades (noTOTAL), no número de TP (noTP), no PV médio (por atividade e por duração) das atividades (BAC_noTOTAL e BAC_durTOTAL) e na quantidade e custo relativo (noAE_noTOTAL e costAE_BAC) das atividades em execução. No modelo com estimação robusta dos erros padrão, identificou-se ainda significância estatística na duração total do projeto (durTOTAL). As variáveis sem significância estatística individual nos modelos finais possuem significância estatística conjunta, pelo que não foram eliminadas.

Verifica-se que o incremento do número de atividades (noTOTAL), do número de TP (noTP), do PV médio das atividades (BAC_noTOTAL), da quantidade relativa de atividades em execução (noAE_noTOTAL) e do custo das atividades em execução (costAE) reduz o erro do EV. Por outro lado, o incremento da duração do total das atividades do projeto (durTOTAL), do PV médio diário das atividades (BAC_durPROJ) e do custo relativo das atividades em execução (costAE_BAC) aumenta o erro do EV.

Os coeficientes apresentados correspondem a uma variação unitária da variável explicativa no modelo, mantendo todas as restantes constantes (*ceteris paribus*). Como exemplo para o modelo com estimação robusta dos erros padrão, por cada incremento de 1M€ no PV médio das atividades, é expectável uma redução no erro do EV de 24,440 pp, e por cada incremento de 1M€ no PV médio diário das atividades, é expectável um aumento no erro do EV de 1751,199 pp.

Salienta-se que os coeficientes obtidos não devem ser comparados diretamente entre si. Mesmo os que possuem a mesma unidade representam grandezas distintas. Como exemplo, considerando que nos projetos analisados o número total médio de atividades é 63,93 e a duração total média é 1348,47 dias, a uma variação do PV médio por atividade do projeto de 1M€ corresponde um incremento de 63,93 M€ no BAC, mantendo o número de atividades constante. A mesma variação de 1M€ no PV médio por unidade de duração total das atividades representa um acréscimo de 1348,47 M€ no BAC, mantendo a duração total das atividades constante.

Os coeficientes das variáveis explicativas podem, no entanto, ser comparados entre variáveis dependentes diferentes, permitindo avaliar o seu impacto relativo. Na TABELA XV resumem-se os coeficientes obtidos no “Modelo Final” para cada erro.

TABELA XV
COEFICIENTES DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS VERSUS DEPENDENTES

	<i>Sem Cluster Effect</i>					<i>Com Cluster Effect</i>				
	EV / PC SPI / CPI (POLS) Coef.	SV (RE) Coef.	CV (POLS) Coef.	ES / SPI(t) (POLS) Coef.	SV(t) (FE) Coef.	EV / PC SPI / CPI (POLS) Coef.	SV (RE) Coef.	CV (POLS) Coef.	ES / SPI(t) (POLS) Coef.	SV(t) (FE) Coef.
noTOTAL	-0,029	0,787				-0,040	1,024			
noTP	-0,155	2,478	4,576			-0,194	3,176	6,300		
durPROJ		-21,933	-33,517				-18,094			
durTOTAL		3,544	4,764			0,054	1,532	-1,670		
BAC			-69,929	-0,745				-82,711	-0,745	
BAC_noTOTAL	-17,852		563,705	8,688		-24,440		574,407	8,688	
BAC_noTP		790,756	919,408				941,890	1221,086		
BAC_durPROJ		-35395,930		438,020		29,276	-40762,750		438,020	
BAC_durTOTAL	1343,234	48916,380	60758,690			1751,199	51899,140	55145,880		
noAE										
noAE_noTOTAL	-0,287	4,542	-12,920	-0,428		-0,328	6,831	-10,533	-0,428	
costAE				-2,183		-1,781			-2,183	
costAE_BAC	0,481		9,271	0,520		0,521		11,191	0,520	
costAE_noAE			-48,606							
durAE		-25,146	-38,830				-23,944			
durAE_durTOTAL		2,792	6,406		2,033					2,033
durAE_noAE							61,144			

No modelo FE para o erro SV(t), selecionado de acordo com a metodologia da TABELA VI, não foram identificadas relações com significância estatística com qualquer das variáveis explicativas. No entanto, no modelo POLS e RE foi identificada significância estatística com as mesmas variáveis do erro do SV.

Não foram identificadas relações com significância estatística entre o número absoluto de atividades em execução simultânea (noAE) e qualquer das variáveis

dependentes. Os erros mais sensíveis, às variáveis explicativas, são o CV e o SV e os menos sensíveis são o EV/PC/SPI/CPI e o ES/SPI(t).

Verifica-se que o aumento do PV relativo das atividades em execução (costAE_BAC) e do PV por unidade de duração total das atividades do projeto (BAC_durTOTAL) se traduz no aumento do erro de todas as métricas de EVA.

Identifica-se uma correlação positiva fraca entre o número total de atividades (noTOTAL), a duração total das atividades (durTOTAL) e o número e o custo absolutos das atividades em execução (noAE e costAE). Por sua vez, a duração total das atividades possui uma correlação positiva moderada com a duração do projeto (durPROJ) e positiva fraca com o BAC e com a duração das atividades em execução (durAE). O número das atividades em execução possui uma relação positiva moderada com a duração das atividades em execução, a duração do projeto possui uma relação positiva moderada com o número de TP (noTP) e o BAC possui uma relação positiva moderada com o custo absoluto das atividades em execução. Assim, ao incremento do número total de atividades do projeto corresponde o incremento da duração total, do BAC e do número, do custo e da duração das atividades em execução, ou seja, a uma variação do número total de atividades do projeto podem corresponder variações em todas as restantes variáveis explicativas, pelo que não é evidente o impacto da variação do número total de atividades do projeto no erro.

Numa análise *ceteris paribus*, o incremento do número total de atividades reduz o erro do EV. No entanto, na realidade, este incremento traduzir-se-á na redução do custo médio das atividades e da percentagem de atividades em execução, tendo como consequência o incremento do erro do EV.

O número total de atividades apresenta uma correlação positiva com o BAC, pelo que o incremento de um se traduz no incremento do outro. Assim, por um lado, o aumento do BAC origina o aumento do PV médio por atividade, que reduz o erro do EV. Por outro lado, também origina o aumento do PV médio por unidade de duração total, que aumenta o erro do EV, não sendo evidente se o aumento do BAC é favorável ou não. Por outro lado, o aumento do BAC agrava o erro das restantes métricas de EVA.

Para contornar esta dificuldade, para cada variável explicativa primária foi calculado um “coeficiente composto” que resulta da soma do coeficiente da variável explicativa

primária com os coeficientes das variáveis explicativas secundárias a ela associadas multiplicados pela variação originada pela variável explicativa primária. Por exemplo, ao acréscimo de uma atividade no projeto (noTOTAL) corresponde o coeficiente composto de:

$$Coef_{noTOTAL_i}^{COMPOSTO} = Coef_{noTOTAL_i} + Coef_{BAC,noTOTAL_i} \times \left(\frac{BAC}{noTOTAL+1} - \frac{BAC}{noTOTAL} \right) + Coef_{noAE,noTOTAL_i} \times \left(\frac{noAE}{noTOTAL+1} - \frac{BAC}{noTOTAL} \right)$$

Na expressão, os coeficientes correspondem à variação unitária da respetiva variável explicativa numa análise *ceteris paribus* da variável dependente *i*. Tomando como valor para as variáveis explicativas primárias a média das observações dos projetos analisados, apresentam-se no Anexo 4 os coeficientes compostos obtidos.

Também na análise composta, os erros do SV e do CV são os mais sensíveis, sobretudo à duração do projeto, no erro do CV, e à duração total das atividades e ao BAC, em ambos os erros.

O erro do EV aumenta com o BAC e diminui com as restantes variáveis. Para o modelo com estimação robusta dos erros padrão, ao incremento de 1M€ no BAC corresponde o aumento no erro de 136,777 pp. Note-se que 1M€ representa 17,5% do BAC médio dos projetos analisados. Uma vez que a variação é linear, a um incremento de 1% no BAC corresponderá um incremento de 7,802 pp no erro do EV.

O incremento nas restantes variáveis reduz o erro do EV. Como exemplo, o incremento de 1 atividade no projeto reduz o erro em 0,006 pp, o incremento de 100 dias na duração total das atividades do projeto reduz o erro em 51,089 pp e o incremento de 1 TP reduz o erro em 0,194 pp, considerando o modelo com estimação robusta dos erros padrão.

Note-se que, para o modelo com estimação robusta dos erros padrão, ao incremento de 1M€ no valor das atividades em execução corresponde uma redução de 1,69 pp do erro do EV. No entanto, este valor representa 378% do valor médio das atividades em execução dos projetos analisados. Para um incremento de 100% o erro seria reduzido em 0,447 pp. Contudo, esta variável não tem um comportamento idêntico no modelo com, e sem, estimação robusta dos erros padrão, pelo que não é possível concluir acerca da sua influência no erro do EV.

Assim, para o EV, a variável com maior impacto relativo no erro é o BAC.

Numa análise semelhante dos demais erros, verifica-se que o BAC é a variável com maior impacto relativo e cujo incremento agrava todos os erros, exceto o erro do SV, que reduz. O aumento do número total de atividades do projeto e da duração do projeto aumenta, substancialmente, o erro do SV e reduz todos os outros. O aumento no número de TP reduz todos os erros do EVA.

Não foram identificadas relações com significância estatística entre o número absoluto de atividades em execução e qualquer variável dependente. No entanto, na análise composta, o aumento do número de atividades em execução reduz o erro do EV e do ES. Para o erro do SV e do CV, a consequência do aumento no número de atividades em execução não é coerente para o modelo com e sem estimação robusta dos erros padrão.

Na análise gráfica das variáveis dependentes, apresentada no Anexo 5, verifica-se que o erro diminui ao longo do desenvolvimento dos projetos.

Para não tornar a análise demasiado extensa e simplificar a compreensão dos resultados, optou-se por descrever com maior detalhe apenas os resultados obtidos para o erro do EV. No entanto, os resultados apresentados no estudo permitem efetuar uma análise semelhante para qualquer das outras variáveis.

Os coeficientes das variáveis explicativas dependem da quantidade e das variáveis explicativas adotadas no modelo, isto é, adotando outras, ou novas, variáveis obtêm-se outros coeficientes. Assim, o valor relativo entre os coeficientes das variáveis explicativas é mais relevante do que o seu valor absoluto.

5. CONCLUSÕES

O EVM é uma metodologia de gestão de projetos que integra âmbito, custo e tempo. O EV, a variável essencial do método, representa a quantidade de trabalho efetuado num determinado momento no tempo e, definido como o produto do PV pelo PC (1), representa o progresso do projeto. Apesar da incerteza inerente à subjetividade e à dificuldade na determinação do progresso, o EV é considerado determinístico.

Este estudo avaliou, em contexto real, o impacto nas métricas de EVA originado pela incerteza na medição do progresso do projeto, mantendo todas as restantes variáveis constantes, isto é, com uma análise *ceteris paribus* do PC.

Para responder às questões de investigação, o estudo seguiu uma metodologia quantitativa, pela análise de vários projetos reais, nos quais a incerteza no progresso foi, simplificadamente, estimada com cinco regras de “fórmula fixa”. Para cada regra, determinou-se o MAPE (8) entre o EV real e o estimado e, para a regra mais ajustada ao progresso real de cada projeto, isto é, com o menor MAPE, determinou-se o erro nas métricas de EVA. Para os resultados obtidos com a regra mais ajustada, avaliou-se a influência das características de planeamento de tempo e custo do projeto nos vários erros, através de métodos para Dados de Painel.

O estudo procurou resposta para três questões de investigação, a primeira das quais (P1) o impacto da incerteza na medição do progresso (PC) no valor do EV e na capacidade de controlo e previsão do EVA (PC_{TOTAL} , CV, SV, SV(t), CPI, SPI e SPI(t)).

Constatou-se que a incerteza na medição do progresso resultou em erros significativos no EV que, conforme descrito na TABELA VII, para os projetos analisados atingiram valores médios máximos de 81,79% e absolutos de 298,17% (C2013-16).

A regra 50/50 foi aquela que obteve a melhor aderência à curva real de progresso, para qualquer grau de execução e sobretudo a partir dos 30%, tendo obtido o menor valor de MAPE do erro do EV em 60% dos projetos e em 73,51% dos TP (TABELA VIII).

Não obstante da incerteza associada à determinação do progresso real do projeto, admite-se que o Gestor de Projeto consegue, na generalidade das situações, definir se uma atividade se encontra a 10% ou a 50%, embora o mesmo não seja necessariamente verdade para diferenças pequenas como, por exemplo, definir se uma atividade se encontra a 10% ou a 15%.

Para avaliar o erro associado a pequenas incertezas na medição do progresso, para a regra mais ajustada a cada projeto, isto é, com o MAPE do erro do EV mais baixo em cada fase, calcularam-se as respetivas métricas de EVA. Conforme de apresenta na TABELA X, para erros médios do EV de 3,01% obtiveram-se erros médios de CV de 40,89% e de SV(t) de 19,98%. Em valores absolutos, mesmo para a regra mais ajustada, foi obtido um erro máximo no EV de 57,08%, no CV de 2123,09%, no SV(t) de 666,57% e no SPI(t) de 57,08%. No âmbito deste estudo, o erro do EV é igual ao erro do PC, do SPI e do CPI e o erro do ES é igual ao erro do SPI(t).

Verificou-se pois que, a erros pouco expressivos na medição de progresso podem corresponder resultados muito distorcidos nas restantes métricas de EVA, o que pode comprometer a capacidade de controlo e previsão do método. Este resultado confirma que existe um impacto significativo da incerteza na medição do progresso no valor do EV e na capacidade de controlo e previsão do EVA.

Para responder à segunda questão de investigação (P2), o estudo avaliou a influência das características de planeamento de tempo e custo do projeto nos erros do EV, PC_{TOTAL} , CV, SV, SV(t), CPI, SPI e SPI(t) derivado da incerteza na medição do progresso.

Das características de planeamento de tempo e custo do projeto modeladas, o custo relativo das atividades em execução registou significância estatística em todos os modelos para o erro do EV e do ES. O mesmo se verificou com o número relativo de atividades em execução para o erro do SV e com a duração relativa das atividades em execução para o erro do SV(t). Para o erro do CV não foram identificadas variáveis explicativas, com significância estatística, comuns aos vários modelos.

Obteve-se uma correlação positiva muito forte entre o custo relativo e o número relativo das atividades em execução (0,92) e forte entre o custo e o número relativo das atividades em execução e a duração relativa das atividades em execução (0,86).

A quantidade relativa de atividades em execução foi a variável com significância estatística em mais modelos, o que leva a concluir pela sua importância nos erros estudados. A quantidade relativa de atividades em execução, em número, custo ou duração foram as características de planeamento de tempo e custo do projeto que mais influenciaram os erros de EVA.

Para determinar a característica de planeamento de tempo e custo do projeto com maior impacto relativo no erro do EV, PC_{TOTAL} , CV, SV, SV(t), CPI, SPI e SPI(t) derivado da incerteza na medição do progresso, que constituiu a terceira questão de investigação (P3) do estudo, foram analisadas variáveis explicativas primárias e variáveis explicativas secundárias, que resultam do quociente entre variáveis explicativas primárias. Das variáveis explicativas primárias analisadas, com influência nos erros de EVA, o BAC foi a característica que registou maior impacto relativo.

As características de planeamento de tempo e custo do projeto (variáveis

explicativas) modeladas podem ser agrupadas em dois conjuntos: as que representam características do projeto e as que podem ser controladas no planejamento pelo Gestor do Projeto.

Relativamente às características, conclui-se que os projetos com BAC mais elevado e menor duração são os que registam maiores erros. Estes projetos têm ritmos de execução mais elevados e, por este facto, devem ser alvo de um planejamento mais cuidadoso por parte do Gestor de Projeto.

No planejamento do projeto, para mitigar os erros, o intervalo entre TP deve ser o mais curto possível. O incremento do número de atividades da WBS, da duração, do número e, sobretudo, do custo das atividades em execução também contribuem para a redução dos erros. Deste aspeto resulta que, a redução da duração do projeto por recurso a *fast tracking* é preferível relativamente à redução da duração das atividades por recurso a *crashing*, não obstante do risco associado a qualquer destas técnicas (PMI, 2017, p. 215).

Por outro lado, embora o número, o custo e a duração absolutos das atividades em execução não tenham resultado, estatisticamente, em variações significativas no erro do EV, a quantidade relativa de atividades em execução (em número, PV ou duração) influencia o erro, pelo que deverá ser feito um esforço de uniformização das atividades em execução, evitando grandes disparidades entre TP, controlando assim a amplitude do erro.

Salienta-se que erros mais sensíveis à incerteza no PC são o CV e o SV o que, aliado a grande amplitude registada nos mesmos, justifica uma especial atenção na sua análise.

O estudo confirma que os erros originados pela medição do progresso decrescem com o tempo, o que pode ser explicado pela redução da incerteza com aumento da quantidade de trabalho realizado, em custo e em tempo, conforme indicado por Webb (2003, p. 76) e Lukas (2008). Confirma ainda que o erro diminui com o aumento da quantidade de atividades em execução, conforme sugerido por Norton, Brennan e Mueller (2014).

Embora, numa análise *ceteris paribus*, o aumento no custo relativo das atividades em execução resulte no aumento dos erros de EVA, conforme sugerido por Lukas (2008), na análise composta, o aumento do erro em pacotes de trabalho com maior valor

não foi, estatisticamente, confirmado. Do mesmo modo, confirmou-se que o erro no EV pode ser significativo em projetos com poucas atividades, conforme indicado por Meredith e Mantel (2012, p. 451).

A medição do progresso é uma estimativa e o estudo confirma a importância do Gestor de Projeto reportar o PC da forma mais precisa e objetiva possível.

O estudo comprova que a aferição incorreta do progresso, consciente, para influenciar os resultados reportados, ou inconsciente, derivada da dificuldade em quantificar objetivamente o progresso, tem impacto diferente nas várias métricas de EVA, conforme as características de planejamento de tempo e custo do projeto. Desta constatação, resulta a dificuldade em controlar os resultados do EVA o que pode condicionar a capacidade de controle e previsão do EVM.

Para mitigar este impacto, o estudo identifica um conjunto de características de planejamento de tempo e custo do projeto que devem ser ponderadas na análise dos resultados do EVA, sobretudo em projetos com BAC elevado e curta duração. Destas, destacam-se as seguintes:

- Se na medição do progresso for adotado o método de “fórmula fixa”, e não houver experiência prévia acerca da regra a adotar, deve ser considerada a regra 50/50;
- Evitar as WBS com poucas atividades, subdividindo as atividades para aumentar a dimensão da WBS e o número de atividades em execução simultânea. Esta subdivisão não deve comprometer a capacidade de avaliação do progresso das atividades, mitigando fenômenos de *analysis paralysis* por excesso de discretização;
- Adotar intervalos de tempo entre TP uniformes e o mais curtos possível (entre 1 semana e 1 mês);
- Adotar um intervalo de tempo entre TP que uniformize a quantidade relativa de atividades em execução (em número, PV e duração);
- Privilegiar a redução da duração por *fast tracking*, em vez de *crashing*.

No planejamento inicial a informação está, normalmente, pouco definida, pelo que a decomposição dos *work packages* só é possível para as tarefas a curto prazo (PMI, 2017, p. 185). As características identificadas no estudo devem ser consideradas em

projetos com planeamento *rolling wave*, onde a decomposição dos *work packages* é efetuada ao longo do desenvolvimento do projeto, para mitigar o erro num contexto de elaboração progressiva.

6. LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

O estudo é suportado em 185 observações, de 15 projetos independentes. Os modelos com, e sem, estimação robusta dos erros padrão apresentaram resultados semelhantes. A ausência do efeito de grupo, apenas verificada no erro do SV, poderá estar relacionada com a dimensão da amostra. Assim, a robustez do estudo poderá ser significativamente melhorada repetindo a análise com mais observações de projetos reais e acrescentando outras variáveis.

A repetição do estudo com outros métodos de estimação, que confirmem ou não os resultados obtidos, permitirá também robustecer as conclusões obtidas.

O erro do EV foi obtido pelo método da “fórmula fixa”, o que permitiu identificar a regra 50/50 como a que, na generalidade dos casos, melhor se ajusta à curva real do EV. Seria interessante repetir o estudo com outros métodos de estimação e comparar os resultados.

7. BIBLIOGRAFIA

Abba, W. (1997) «Earned value management - Reconciling government and commercial practices», *Program Manager*, 26, pp. 58–63.

Abdel Azeem, S. A., Hosny, H. E. e Ibrahim, A. H. (2014) «Forecasting project schedule performance using probabilistic and deterministic models», *HBRC Journal. Housing and Building National Research Center*, 10(1), pp. 35–42. doi: 10.1016/j.hbrj.2013.09.002.

Acebes, F. *et al.* (2014) «A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics», *International Journal of Project Management*, 32(3), pp. 423–434. doi: 10.1016/j.ijproman.2013.08.003.

Anbari, F. T. (2003) «Earned value project management method and extensions», *Project Management Journal*, 34(4), pp. 12–23. doi: 10.1109/EMR.2004.25113.

Batselier, J. e Vanhoucke, M. (2015a) «Construction and evaluation framework for

a real-life project database», *International Journal of Project Management*. Elsevier B.V., 33(3), pp. 697–710. doi: 10.1016/j.ijproman.2014.09.004.

Batselier, J. e Vanhoucke, M. (2015b) «Evaluation of deterministic state-of-the-art forecasting approaches for project duration based on earned value management», *International Journal of Project Management*, 33(7), pp. 1588–1596. doi: 10.1016/j.ijproman.2015.04.003.

Baum, C. F. (2006) *An Introduction to Modern Econometrics Using Stata*. Stata Press.

Burke, R. (2003) *Project Management - Planning and Control Techniques*. 4th Ed. John Wiley & Sons, Inc.

Chen, H. L., Chen, W. T. e Lin, Y. L. (2016) «Earned value project management: Improving the predictive power of planned value», *International Journal of Project Management*, 34(1), pp. 22–29. doi: 10.1016/j.ijproman.2015.09.008.

Chen, M. T. (2008) «The ABCs of earned value application», *AACE International Transactions*, pp. EV31–EV38.

Christensen, D. S. (1998) «The Costs and Benefits of the Earned Value Management Process», *Journal of Parametrics*, 18(2), pp. 1–16. doi: 10.1080/10157891.1998.10462568.

Cioffi, D. F. (2006) «Designing project management: A scientific notation and an improved formalism for earned value calculations», *International Journal of Project Management*, 24(2), pp. 136–144. doi: 10.1016/j.ijproman.2005.07.003.

Cristóbal, J. R. S. (2017) «The S-curve Envelope as a Tool for Monitoring and Control of Projects», *Procedia Computer Science*. Elsevier B.V., 121, pp. 756–761. doi: 10.1016/j.procs.2017.11.097.

Fleming, Q. W. e Koppelman, J. M. (1998) «Earned Value Project Management A Powerful Tool for Software Projects», *The Journal of Defense Software Engineering*, pp. 19–23.

Fleming, Q. W. e Koppelman, J. M. (2009) «The Two Most Useful Earned Value Metrics: The CPI and the TCPI», *PM World Today*, 11(6), p. 9.

Fleming, Q. W. e Koppelman, J. M. (2010) *Earned Value Project Management*. 4th

Ed. Project Management Institute, Inc.

Humphreys Associates (2013) *Earned Value Assessment and the Percent Complete Technique*. Disponível em: <https://www.humphreys-assoc.com/evms/earned-value-assessment-percent-complete-technique-ta-a-84.html> (Acedido: 4 de Dezembro de 2018).

IASC (1993a) *IAS11, International Accounting Standard*. Disponível em: <https://www.iasplus.com/en/standards/ias/ias11> (Acedido: 6 de Março de 2019).

IASC (1993b) *IAS18, International Accounting Standard*. Disponível em: <https://www.iasplus.com/en/standards/ias/ias18> (Acedido: 6 de Março de 2019).

IFRS Foundation (2014) *IFRS15, International Financial Reporting Standards*. Disponível em: <https://www.iasplus.com/en/standards/ifrs/ifrs15> (Acedido: 6 de Março de 2019).

Investopedia (2018a) *Completed Contract Method - CCM*. Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/c/completed-contract-method.asp> (Acedido: 6 de Março de 2019).

Investopedia (2018b) *Percentage Of Completion Method*. Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/p/percentage-of-completion-method.asp> (Acedido: 6 de Março de 2019).

JCGM (2008) *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, Joint Committee for Guides in Metrology*.

Keng, T. C. (2015) «The Application of Earned Value Management (EVM) in Construction Project Management», *Journal of Technology Management and Business*, 2(2), pp. 1–11.

Khamooshi, H. e Golafshani, H. (2014) «EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement», *International Journal of Project Management*, 32(6), pp. 1019–1041. doi: 10.1016/j.ijproman.2013.11.002.

Kim, E. H., Wells, W. G. e Duffey, M. R. (2003) «A model for effective implementation of Earned Value Management methodology», *International Journal of Project Management*, 21(5), pp. 375–382. doi: 10.1016/S0263-7863(02)00049-2.

Kwak, Y. H. e Anbari, F. T. (2012) «History, practices, and future of earned value management in government: Perspectives from NASA», *Project Management Journal*. doi: 10.1002/pmj.20272.

Lambert, L. R. (1989) «Understanding the Value of Earned Value or Where Have All Your Dollars Gone?», *AACE Transactions*.

Levy, F. K., Thompson, G. L. e Wiest, J. D. (1963) «The ABCs of the Critical Path Method», *Harvard Business Review*, pp. 98–108.

Lipke, W. (2005) «A re-examination of project outcome prediction.... using Earned Value Management Methods», *The Measurable News*, pp. 1–7.

Lipke, W. *et al.* (2009) «Prediction of project outcome. The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes», *International Journal of Project Management*, 27(4), pp. 400–407. doi: 10.1016/j.ijproman.2008.02.009.

Lipke, W. H. (2003) «Schedule is Different», *The Measurable News*, 2003(3), pp. 31–34.

Lipke, W. H. e Henderson, K. (2006) «Earned schedule: An emerging enhancement to earned value management», *CrossTalk*, 19(11), pp. 26–30.

Lukas, J. A. (2008) «Earned Value Analysis – Why it Doesn't Work», *AACE International Transactions*, pp. 1–10.

Malcolm, D. G. *et al.* (1959) «Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation», *Operations Research*, 7(5), pp. 646–669. doi: 10.1287/opre.7.5.646.

Meredith, J. R. e Mantel, S. J. (2012) *Project Management: A Managerial Approach*. 8th Ed. John Wiley & Sons, Inc.

Morin, J. B. (2016) «How It All Began: the Creation of Earned Value and the Evolution of C/SPCS and C/SCSC», *The Measurable News*, pp. 15–17.

Naeni, L. M., Shadrokh, S. e Salehipour, A. (2011) «A fuzzy approach for the earned value management», *International Journal of Project Management*, 29(6), pp. 764–772. doi: 10.1016/j.ijproman.2010.07.012.

NASA (2013) «Earned Value Management (EVM) Implementation Handbook»,

National Aeronautics and Space Administration, (February), pp. 1–105.

Norton, T., Brennan, P. e Mueller, M. (2014) «De-mystifying Earned Value Management for Ground Based Astronomy Projects, Large and Small», em *SPIE - The International Society for Optical Engineering*.

Park, H. M. (2011) *Practical Guides To Panel Data Modeling: A Step by Step Analysis Using Stata, Tutorial Working Paper*.

PMI (2011) *Practice Standard for Earned Value Management*. 2nd Ed. Project Management Institute, Inc.

PMI (2017) *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. 6th Ed. Project Management Institute, Inc. doi: 10.1002/pmj.20125.

StataCorp (2013) «Stata Statistical Software: Release 13». College Station, TX: StataCorp LP.

Tabak, J. (2004) *Probability and statistics. The Science of Uncertainty*. Facts On File, Inc.

Tague, T. e Morrison, F. (2007) «Einstein's Percent Complete», *Cost Engineering*, 49(9), pp. 12–15.

Vandevoorde, S. e Vanhoucke, M. (2006) «A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics», *International Journal of Project Management*, 24(4), pp. 289–302.

Vanhoucke, M., Coelho, J. e Batselier, J. (2016) «An Overview of Project Data For Integrated Project Management and Control», *The Journal of Modern Project Management*, 7(April), pp. 6–21. doi: 10.3963/JMPM.V3I3.158.

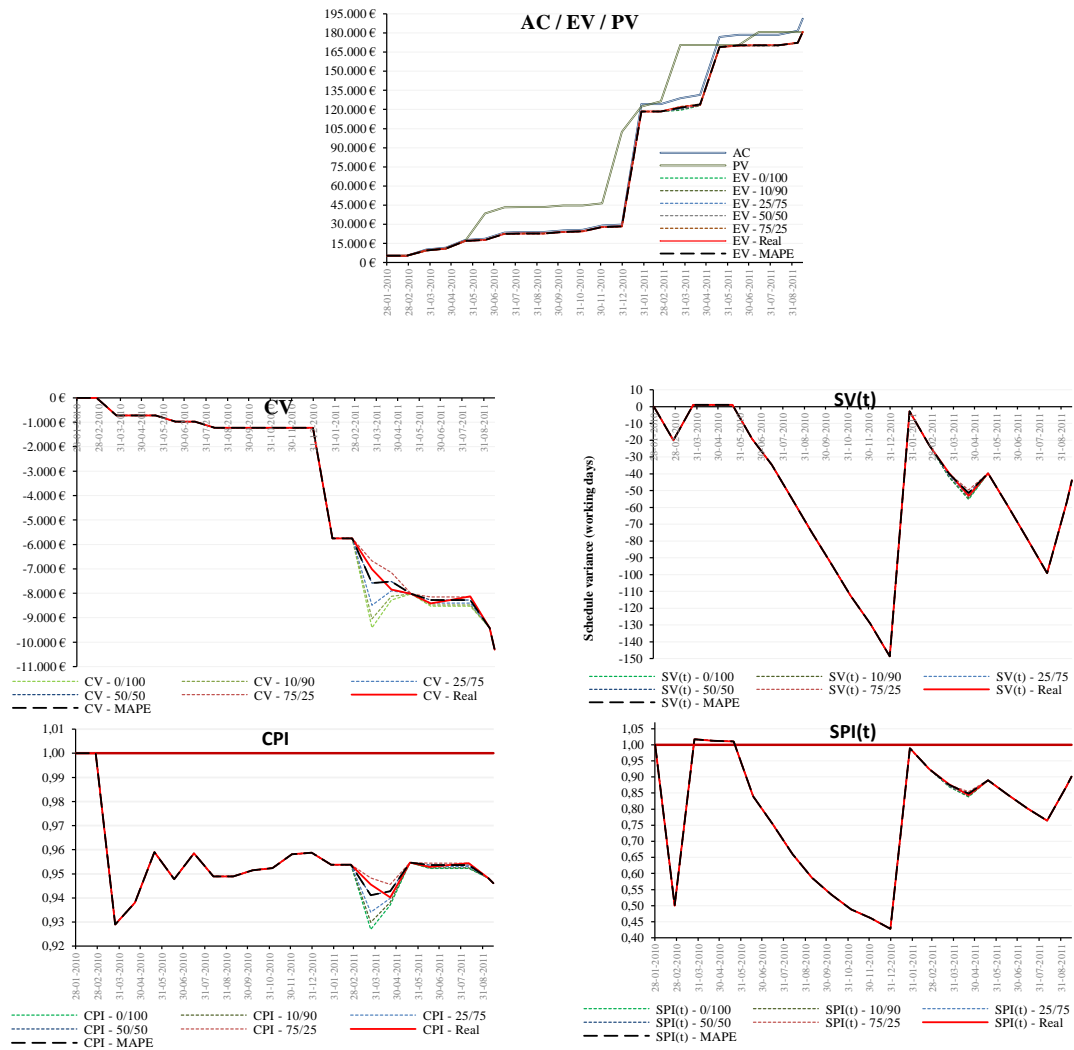
Webb, A. (2003) *Using Earned Value*. Gower Publishing Company.

William H. Greene (2017) *Econometric Analysis*. 8th Ed. New York: Pearson.

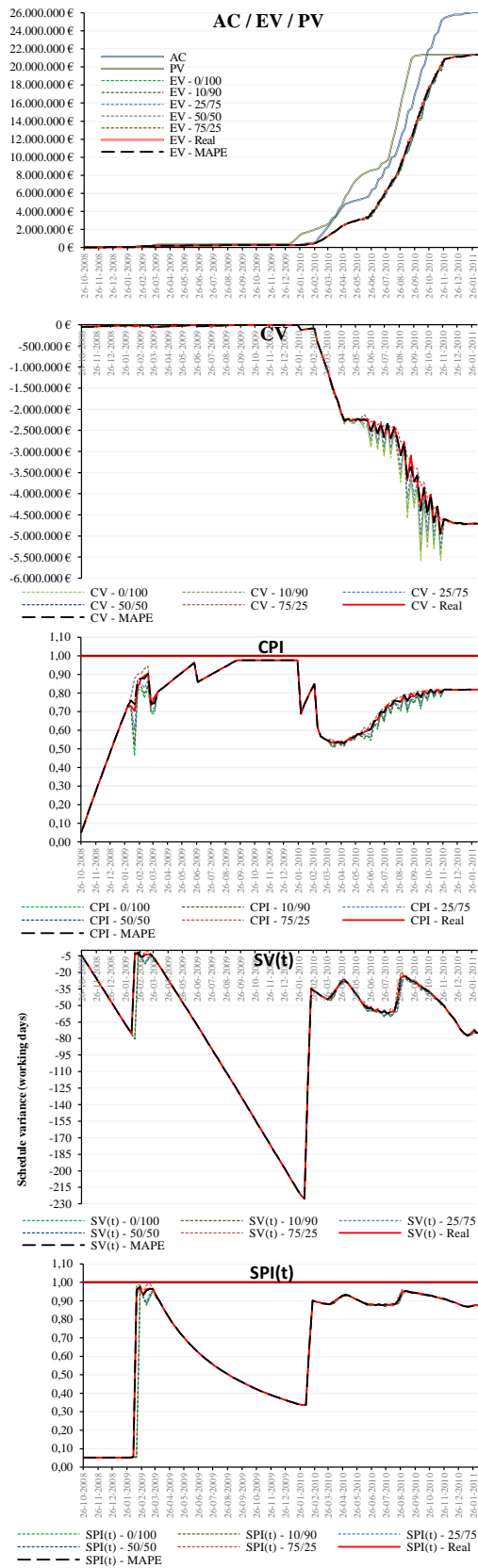
Wooldridge, J. M. (2013) *Introductory Econometrics - A Modern Approach*. 5th Ed., *Cengage Learning*. 5th Ed. South-Western, Cengage Learning.

Yin, R. K. (2014) *Case Study Research*. 5th Ed., *Case Study Research: Design and Methods*. 5th Ed. SAGE Publications Ltd.

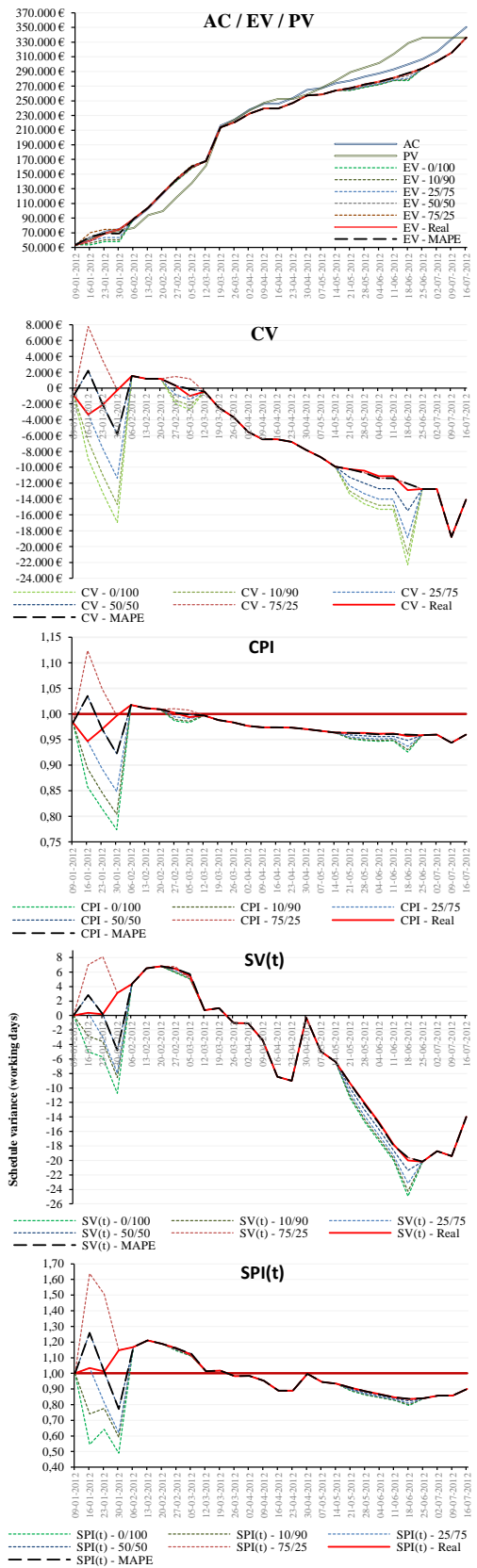
Anexo 1. ANÁLISE GRÁFICA DAS MÉTRICAS EVA



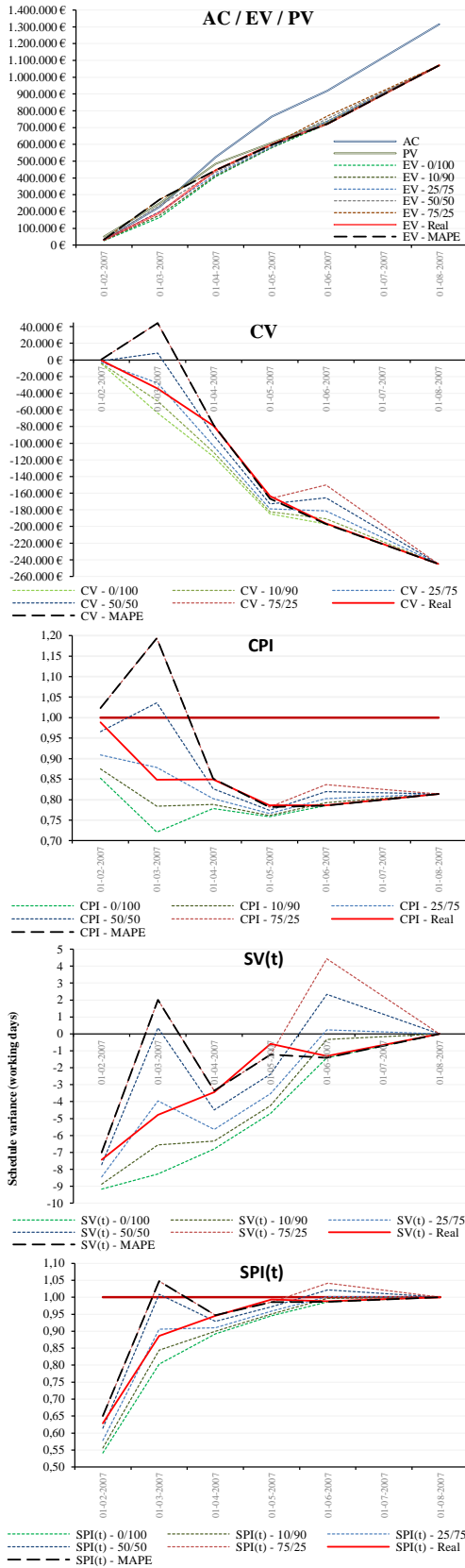
ANEXO 1. FIGURA 3 – C2011-07 – PATIENT TRANSPORT SYSTEM.



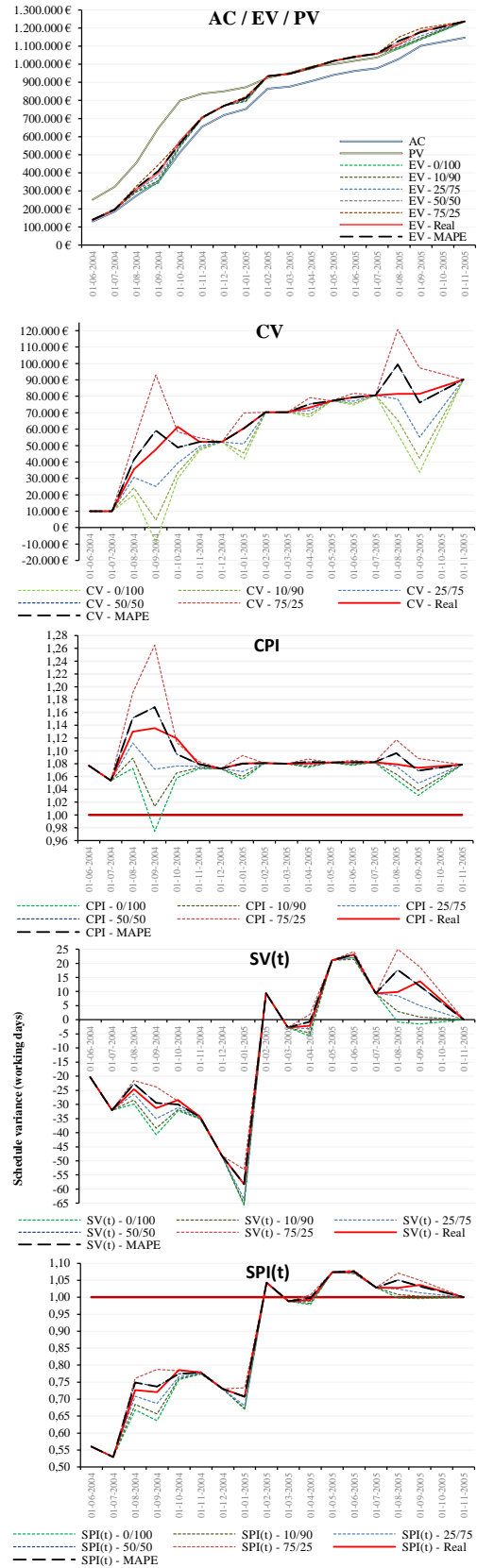
ANEXO 1. FIGURA 4 – C2011-13 – WIND FARM.



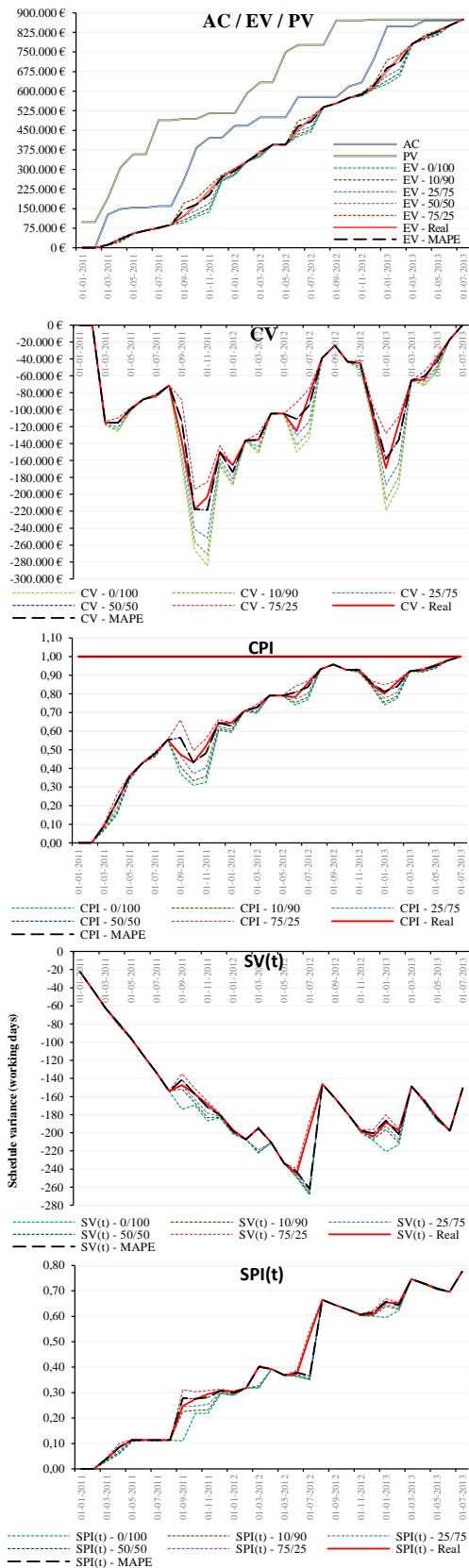
ANEXO 1. FIGURA 5 – C2012-13 – PUMPING STATION JABBEKE.



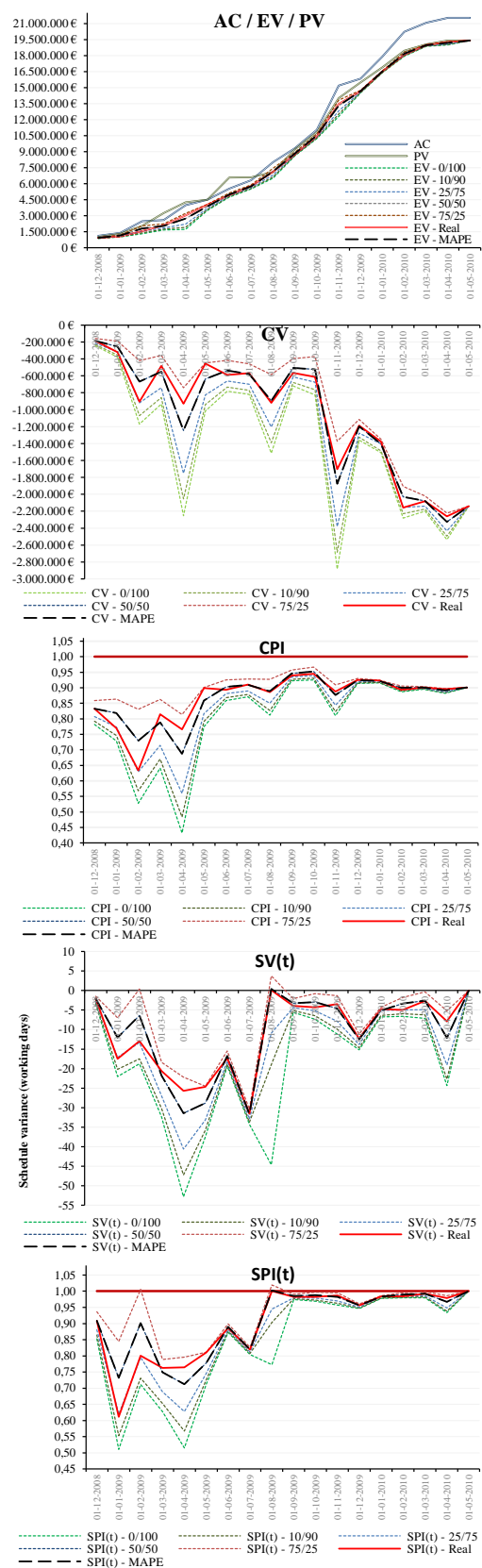
ANEXO 1. FIGURA 6 – C2013-01 – WIEDAUWKAAI FENDERS.



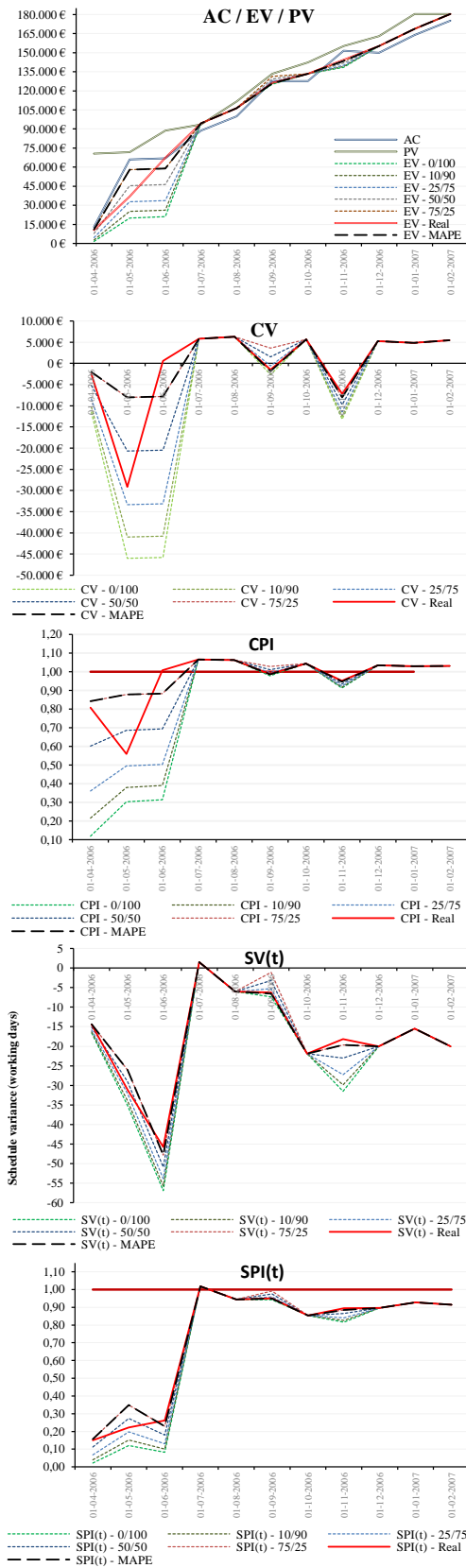
ANEXO 1. FIGURA 7 – C2013-02 – SEWAGE PLANT HOVE.



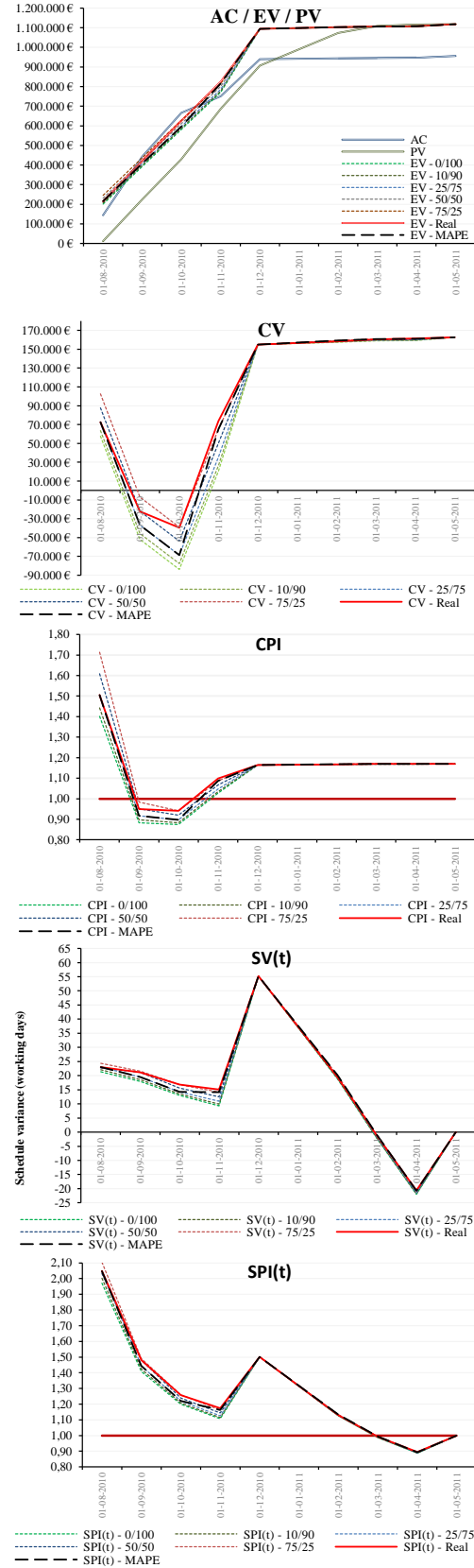
ANEXO 1. FIGURA 8 – C2013-05 – PET PACKAGING.



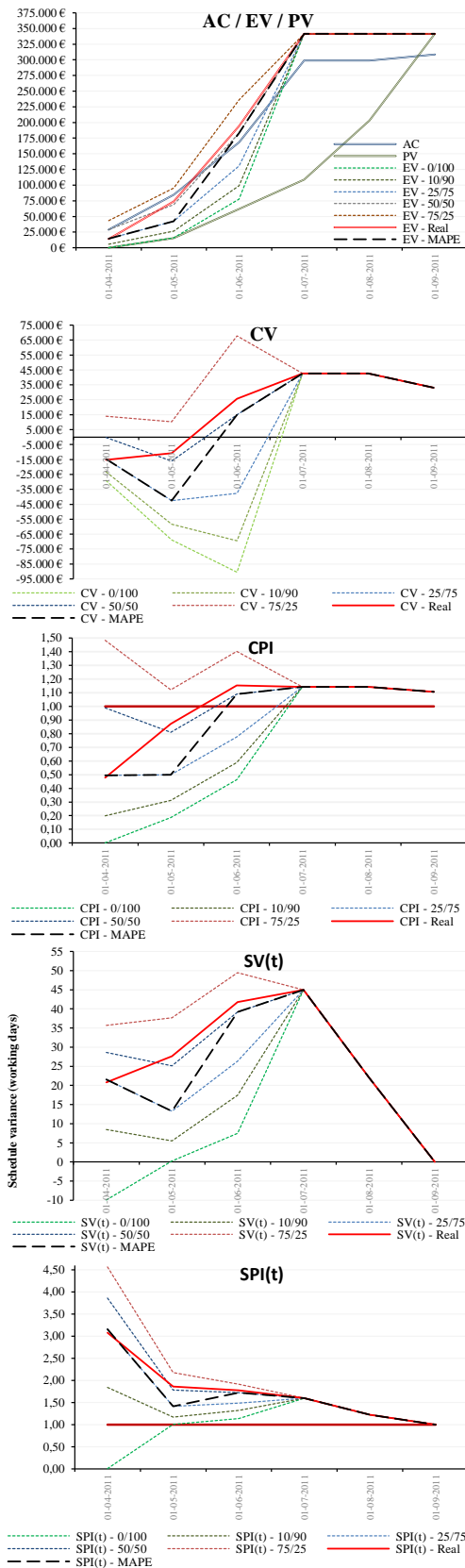
ANEXO 1. FIGURA 9 – C2013-06 – GOVERNMENT OFFICE BUILDING.



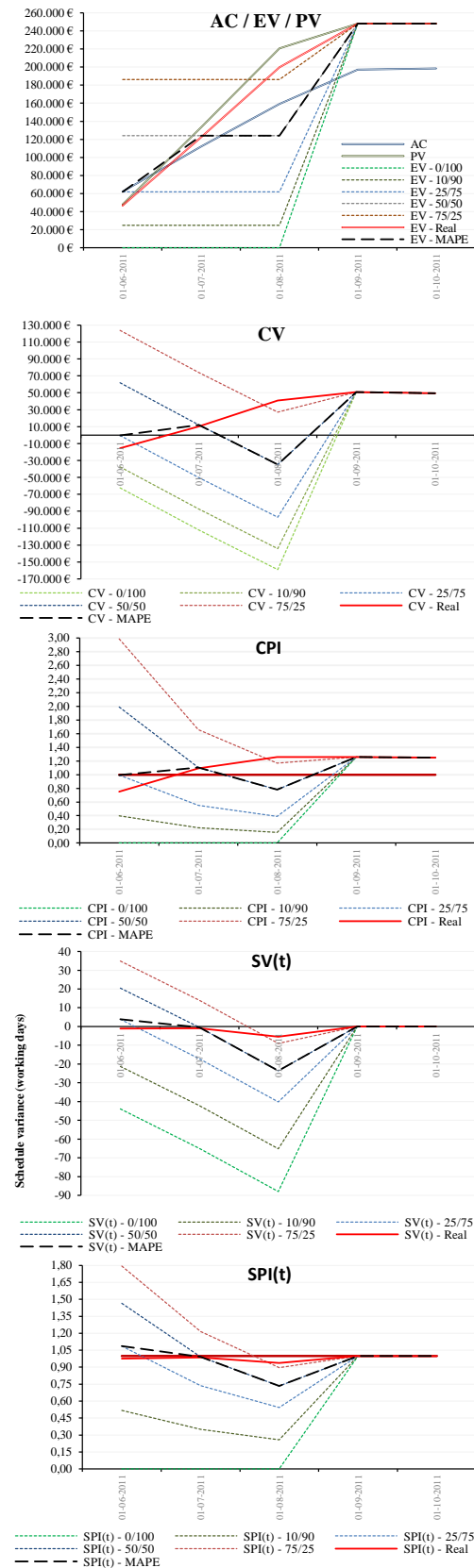
ANEXO 1. FIGURA 10 – C2013-07 – FAMILY RESIDENCE.



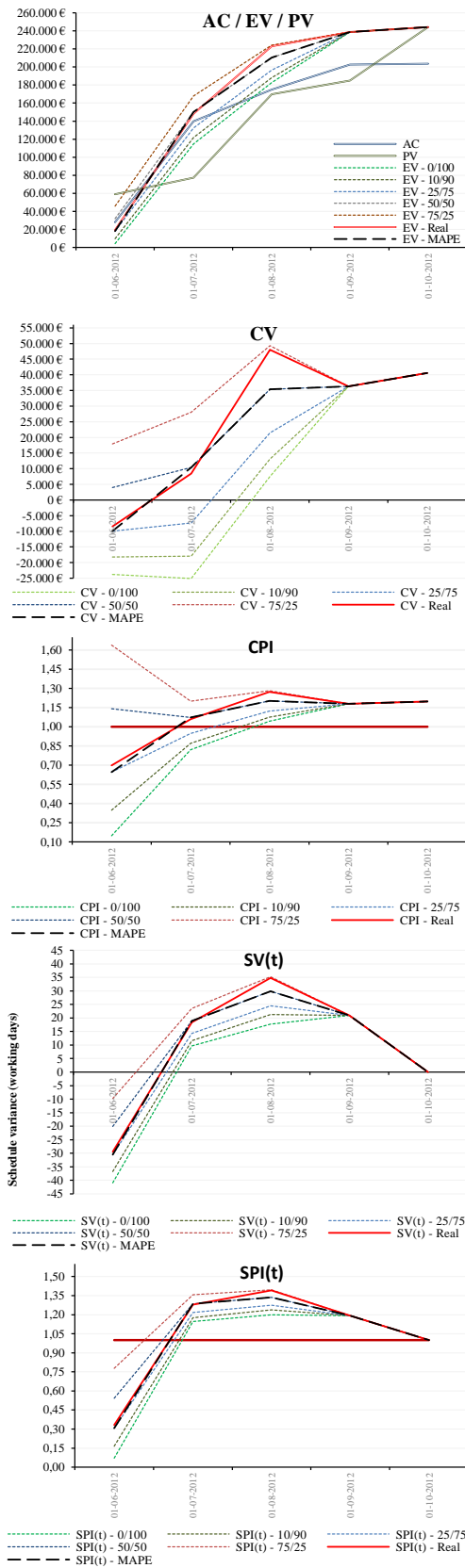
ANEXO 1. FIGURA 11 – C2013-13 – OFFICE FINISHING WORKS (1).



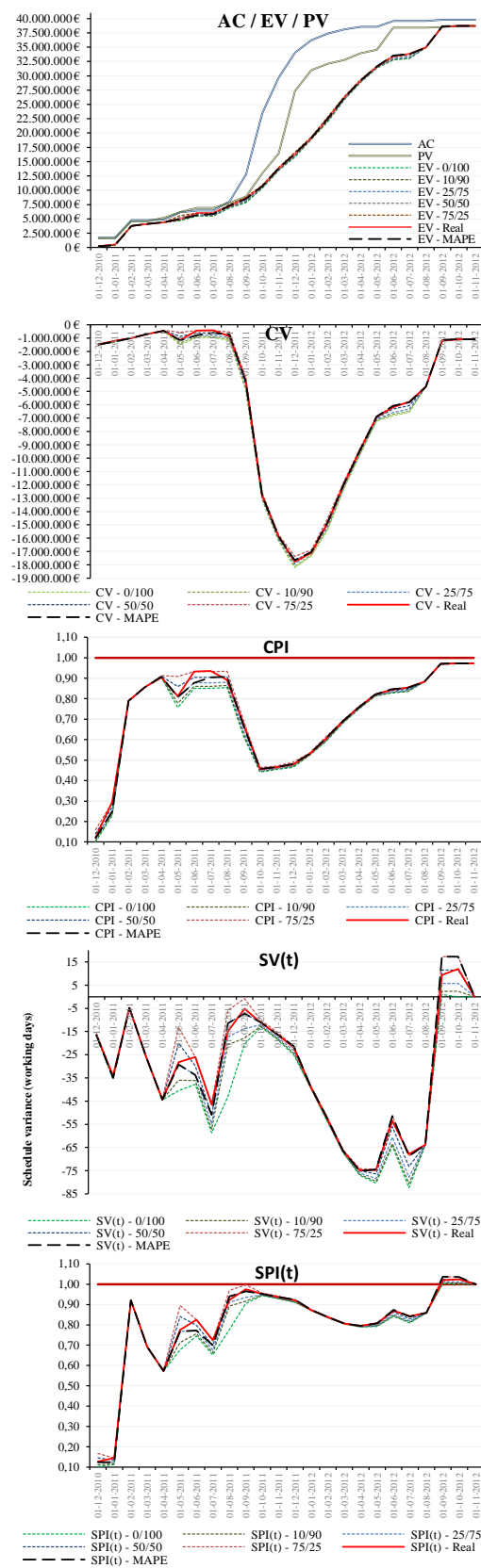
ANEXO 1. FIGURA 12 – C2013-15 – OFFICE FINISHING WORKS (3).



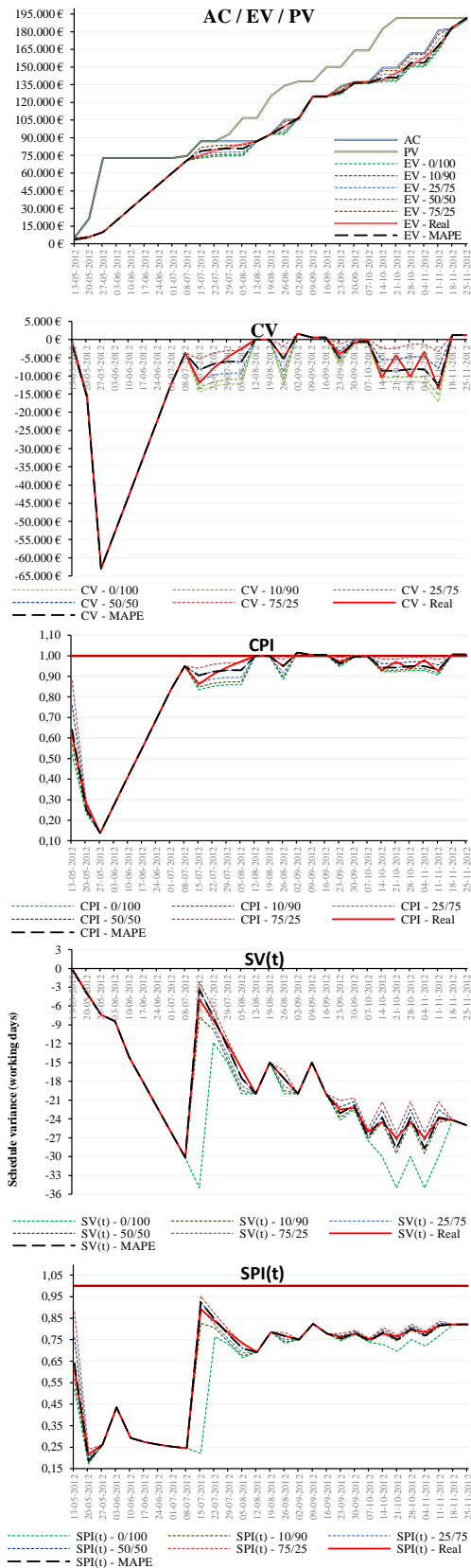
ANEXO 1. FIGURA 13 – C2016-16 – OFFICE FINISHING WORKS (4).



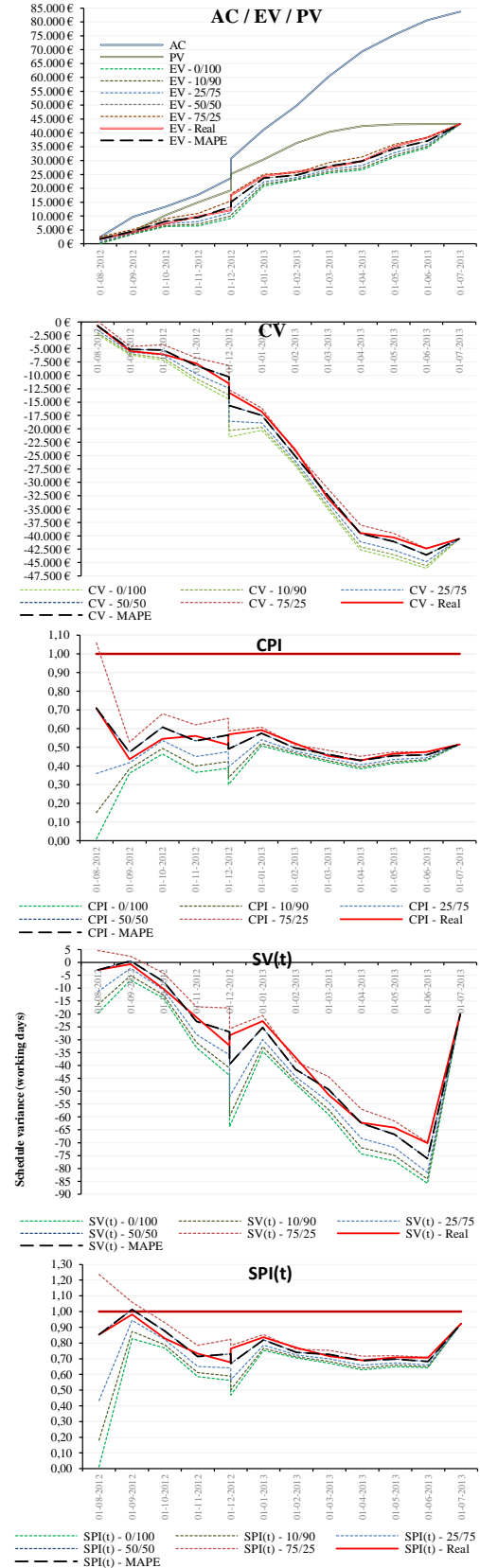
ANEXO 1. FIGURA 14 – C2013-17 – OFFICE FINISHING WORKS (5).



ANEXO 1. FIGURA 15 – C2014-01 – MIXED-USED BUILDING.



ANEXO 1. FIGURA 16 – C2014-02 – PLAYING CARDS.



ANEXO 1. FIGURA 17 – C2014-03 – ORGANIZATIONAL DEVELOPMENT.

Anexo 2. MATRIZ DE CORRELAÇÃO

	noTOTAL	noTP	durPROJ	durTOTAL	BAC	BAC_noTOTAL	BAC_noTP	BAC_durPROJ	BAC_durTOTAL	noAE	noAE_noTOTAL	costAE	costAE_BAC
noTOTAL	1,0000												
noTP	0,1087	1,0000											
durPROJ	0,1952	0,5790	1,0000										
durTOTAL	0,3076	-0,1005	0,6264	1,0000									
BAC	0,2554	0,4399	0,7011	0,3333	1,0000								
BAC_noTOTAL	-0,1483	0,1047	0,5185	0,2789	0,8609	1,0000							
BAC_noTP	0,3003	-0,1725	0,3934	0,4842	0,7997	0,8229	1,0000						
BAC_durPROJ	0,3610	0,3972	0,6703	0,3649	0,9905	0,8151	0,8327	1,0000					
BAC_durTOTAL	0,1779	0,7998	0,7152	0,0818	0,8797	0,6356	0,4238	0,8467	1,0000				
noAE	0,4627	-0,1854	-0,0741	0,1851	-0,0418	-0,1558	0,0922	0,0075	-0,1413	1,0000			
noAE_noTOTAL	-0,2683	-0,2365	-0,2328	-0,1297	-0,2080	-0,0859	-0,1107	-0,2148	-0,2298	0,2244	1,0000		
costAE	0,3141	0,1932	0,3712	0,2603	0,5439	0,3989	0,4882	0,5674	0,4442	0,2304	-0,0358	1,0000	
costAE_BAC	-0,1980	-0,2655	-0,3111	-0,1682	-0,2800	-0,1810	-0,1725	-0,2832	-0,2924	0,2903	0,9211	0,0060	1,0000
costAE_noAE	0,0865	0,2490	0,3970	0,1735	0,5598	0,5044	0,4386	0,5469	0,4977	-0,0945	-0,0955	0,7569	-0,0631
durAE	-0,0254	-0,3691	-0,0283	0,3246	-0,1939	-0,0926	0,0163	-0,1825	-0,3336	0,5676	0,6537	0,0459	0,6628
durAE_durTOTAL	-0,2287	-0,2842	-0,3080	-0,2750	-0,3033	-0,1814	-0,1863	-0,3093	-0,3094	0,1948	0,8655	-0,1035	0,8641
durAE_noAE	-0,3238	-0,3536	0,1420	0,3922	-0,1899	0,0301	0,0043	-0,2091	-0,3233	-0,1001	0,3097	-0,1300	0,2530
EV	-0,1154	-0,2303	-0,2536	-0,1269	-0,1916	-0,1196	-0,0835	-0,1864	-0,2181	0,1253	0,4237	-0,0567	0,5347
SV	-0,0541	-0,1508	-0,1730	-0,1073	-0,1079	-0,0642	-0,0325	-0,1011	-0,1303	0,1245	0,6087	-0,0008	0,5844
SPI	-0,1154	-0,2303	-0,2536	-0,1269	-0,1916	-0,1196	-0,0835	-0,1864	-0,2181	0,1253	0,4237	-0,0567	0,5347
CV	-0,0900	-0,1161	-0,2438	-0,1882	-0,1525	-0,1008	-0,0944	-0,1500	-0,1434	-0,0808	0,0349	-0,0824	0,1216
CPI	-0,1154	-0,2303	-0,2536	-0,1269	-0,1916	-0,1196	-0,0835	-0,1864	-0,2181	0,1253	0,4237	-0,0567	0,5347
PC	-0,1154	-0,2303	-0,2536	-0,1269	-0,1916	-0,1196	-0,0835	-0,1864	-0,2181	0,1253	0,4237	-0,0567	0,5347
SV_t	-0,0054	-0,1744	-0,2229	-0,1187	-0,1231	-0,0808	-0,0247	-0,1091	-0,1515	0,1071	0,4303	-0,0104	0,4308
SPI_t	-0,0766	-0,2379	-0,2379	-0,0750	-0,1847	-0,1109	-0,0574	-0,1770	-0,2297	0,0302	0,2031	-0,0844	0,3393

	costAE_noAE	durAE	durAE_durTOTAL	durAE_noAE	EV	SV	SPI	CV	CPI	PC	SV_t	SPI_t
costAE_noAE	1,0000											
durAE	-0,1287	1,0000										
durAE_durTOTAL	-0,1570	0,6139	1,0000									
durAE_noAE	-0,1069	0,6002	0,3898	1,0000								
EV	-0,0840	0,3012	0,4490	0,1185	1,0000							
SV	-0,0524	0,3503	0,5798	0,1407	0,4632	1,0000						
SPI	-0,0840	0,3012	0,4490	0,1185	1,0000	0,4632	1,0000					
CV	-0,0685	-0,0412	0,1411	-0,0064	0,2065	0,2099	0,2065	1,0000				
CPI	-0,0840	0,3012	0,4490	0,1185	1,0000	0,4632	1,0000	0,2065	1,0000			
PC	-0,0840	0,3012	0,4490	0,1185	1,0000	0,4632	1,0000	0,2065	1,0000	1,0000		
SV_t	-0,0709	0,2472	0,4426	0,0856	0,4128	0,7749	0,4128	0,2675	0,4128	0,4128	1,0000	
SPI_t	-0,0850	0,1776	0,2928	0,1235	0,8086	0,3178	0,8086	0,4080	0,8086	0,8086	0,4257	1,0000

Nota: EV=PC=SPI=CPI e ES=SPI(t)

- > 0,9** positivo ou negativo indica uma **correlação muito forte**.
- 0,7 a 0,9** positivo ou negativo indica uma **correlação forte**.
- 0,5 a 0,7** positivo ou negativo indica uma **correlação moderada**.
- 0,3 a 0,5** positivo ou negativo indica uma **correlação fraca**.
- 0 a 0,3** positivo ou negativo indica uma **correlação desprezável**.

TABELA XVII
MODELO PARA O ERRO DO CV

CV	"Modelo Inicial"						"Modelo Final Individual"						"Modelo Intermediário"						"Modelo Final Intermediário"						"Modelo Final Individual"						"Modelo Intermediário Final"							
	POLS		RE		FE		POLS		RE		FE		POLS		RE		FE		POLS		RE		FE		POLS		RE		FE		POLS		RE		FE			
	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>	Cod.	P>						
noTP	0,250646	0,781	0,250646	0,781	0	(omitted)	0,250646	0,781	0,250646	0,781	0	(omitted)	0,250646	0,781	0,250646	0,781	0	(omitted)	0,250646	0,781	0,250646	0,781	0	(omitted)	0,250646	0,781	0,250646	0,781	0,250646	0,781	0,250646	0,781	0,250646	0,781				
noTP	5,326724	0,235	5,326724	0,235	0	(omitted)	5,326724	0,235	5,326724	0,235	0	(omitted)	5,326724	0,235	5,326724	0,235	0	(omitted)	5,326724	0,235	5,326724	0,235	0	(omitted)	5,326724	0,235	5,326724	0,235	5,326724	0,235	5,326724	0,235	5,326724	0,235	5,326724	0,235		
durPROJ	-32,73274	0,352	-32,73274	0,351	0	(omitted)	-32,73274	0,352	-32,73274	0,351	0	(omitted)	-32,73274	0,352	-32,73274	0,351	0	(omitted)	-32,73274	0,352	-32,73274	0,351	0	(omitted)	-32,73274	0,352	-32,73274	0,351	-32,73274	0,352	-32,73274	0,351	-32,73274	0,352	-32,73274	0,351		
durTOTAL	-4,48976	0,375	-4,48976	0,374	0	(omitted)	-4,48976	0,375	-4,48976	0,374	0	(omitted)	-4,48976	0,375	-4,48976	0,374	0	(omitted)	-4,48976	0,375	-4,48976	0,374	0	(omitted)	-4,48976	0,375	-4,48976	0,374	-4,48976	0,375	-4,48976	0,374	-4,48976	0,375	-4,48976	0,374		
BAC	-82,2499	0,532	-82,2499	0,530	0	(omitted)	-82,2499	0,532	-82,2499	0,530	0	(omitted)	-82,2499	0,532	-82,2499	0,530	0	(omitted)	-82,2499	0,532	-82,2499	0,530	0	(omitted)	-82,2499	0,532	-82,2499	0,530	-82,2499	0,532	-82,2499	0,530	-82,2499	0,532	-82,2499	0,530		
BAC_noTOTAL	822,8891	0,623	822,8891	0,623	0	(omitted)	822,8891	0,623	822,8891	0,623	0	(omitted)	822,8891	0,623	822,8891	0,623	0	(omitted)	822,8891	0,623	822,8891	0,623	0	(omitted)	822,8891	0,623	822,8891	0,623	822,8891	0,623	822,8891	0,623	822,8891	0,623	822,8891	0,623		
BAC_noTP	869,102	0,630	869,102	0,619	0	(omitted)	869,102	0,630	869,102	0,619	0	(omitted)	869,102	0,630	869,102	0,619	0	(omitted)	869,102	0,630	869,102	0,619	0	(omitted)	869,102	0,630	869,102	0,619	869,102	0,630	869,102	0,619	869,102	0,630	869,102	0,619		
BAC_durPROJ	7694,583	0,940	7694,583	0,940	0	(omitted)	7694,583	0,940	7694,583	0,940	0	(omitted)	7694,583	0,940	7694,583	0,940	0	(omitted)	7694,583	0,940	7694,583	0,940	0	(omitted)	7694,583	0,940	7694,583	0,940	7694,583	0,940	7694,583	0,940	7694,583	0,940	7694,583	0,940		
BAC_durTOTAL	5467,79	0,614	5467,79	0,613	0	(omitted)	5467,79	0,614	5467,79	0,613	0	(omitted)	5467,79	0,614	5467,79	0,613	0	(omitted)	5467,79	0,614	5467,79	0,613	0	(omitted)	5467,79	0,614	5467,79	0,613	5467,79	0,614	5467,79	0,613	5467,79	0,614	5467,79	0,613		
noAE	1,363465	0,924	1,363465	0,924	2,135606	0,887	1,363465	0,924	1,363465	0,924	2,135606	0,887	1,363465	0,924	1,363465	0,924	2,135606	0,887	1,363465	0,924	1,363465	0,924	2,135606	0,887	1,363465	0,924	1,363465	0,924	1,363465	0,924	1,363465	0,924	1,363465	0,924	1,363465	0,924		
noAE_noTOTAL	-13,00016	0,008	-13,00016	0,007	7,524428	0,517	-13,00016	0,008	-13,00016	0,007	7,524428	0,517	-13,00016	0,008	-13,00016	0,007	7,524428	0,517	-13,00016	0,008	-13,00016	0,007	7,524428	0,517	-13,00016	0,008	-13,00016	0,007	-13,00016	0,008	-13,00016	0,007	-13,00016	0,008	-13,00016	0,007		
cosAE	-10,30164	0,872	-10,30164	0,871	24,66457	0,701	-10,30164	0,872	-10,30164	0,871	24,66457	0,701	-10,30164	0,872	-10,30164	0,871	24,66457	0,701	-10,30164	0,872	-10,30164	0,871	24,66457	0,701	-10,30164	0,872	-10,30164	0,871	-10,30164	0,872	-10,30164	0,871	-10,30164	0,872	-10,30164	0,871		
cosAE_BAC	9,937433	0,027	9,937433	0,026	8,242495	0,884	9,937433	0,027	9,937433	0,026	8,242495	0,884	9,937433	0,027	9,937433	0,026	8,242495	0,884	9,937433	0,027	9,937433	0,026	8,242495	0,884	9,937433	0,027	9,937433	0,026	9,937433	0,027	9,937433	0,026	9,937433	0,027	9,937433	0,026		
cosAE_noAE	-38,30722	0,741	-38,30722	0,741	-7,193815	0,951	-38,30722	0,741	-38,30722	0,741	-7,193815	0,951	-38,30722	0,741	-38,30722	0,741	-7,193815	0,951	-38,30722	0,741	-38,30722	0,741	-7,193815	0,951	-38,30722	0,741	-38,30722	0,741	-38,30722	0,741	-38,30722	0,741	-38,30722	0,741	-38,30722	0,741		
durAE	-45,6091	0,338	-45,6091	0,337	47,74465	0,407	-45,6091	0,338	-45,6091	0,337	47,74465	0,407	-45,6091	0,338	-45,6091	0,337	47,74465	0,407	-45,6091	0,338	-45,6091	0,337	47,74465	0,407	-45,6091	0,338	-45,6091	0,337	-45,6091	0,338	-45,6091	0,337	-45,6091	0,338	-45,6091	0,337		
durAE_durTOTAL	61,30181	0,093	61,30181	0,091	9,330691	0,854	61,30181	0,093	61,30181	0,091	9,330691	0,854	61,30181	0,093	61,30181	0,091	9,330691	0,854	61,30181	0,093	61,30181	0,091	9,330691	0,854	61,30181	0,093	61,30181	0,091	61,30181	0,093	61,30181	0,091	61,30181	0,093	61,30181	0,091		
durAE_noAE	23,23282	0,855	23,23282	0,855	-4,415823	0,975	23,23282	0,855	23,23282	0,855	-4,415823	0,975	23,23282	0,855	23,23282	0,855	-4,415823	0,975	23,23282	0,855	23,23282	0,855	-4,415823	0,975	23,23282	0,855	23,23282	0,855	23,23282	0,855	23,23282	0,855	23,23282	0,855	23,23282	0,855		
_cons	77,11014	0,648	77,11014	0,648	4,051193	0,953	77,11014	0,648	77,11014	0,648	4,051193	0,953	77,11014	0,648	77,11014	0,648	4,051193	0,953	77,11014	0,648	77,11014	0,648	4,051193	0,953	77,11014	0,648	77,11014	0,648	77,11014	0,648	77,11014	0,648	77,11014	0,648	77,11014	0,648		
Number of obs	185		185		185		185		185		185		185		185		185		185		185		185		185		185		185		185		185		185			
Prob > F	0,0281		0,0094		0,0016		0,0094		0,0016		0,0008		0,0031		0,0698		0,0776		0,0698		0,0657		0,0562		0,0216		0,01474		0,01474		0,01474		0,01474		0,01474			
Required within	---		0,0698		0,0776		0,0698		0,0776		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698	
Required between	---		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698		0,0698	
Required overall	0,1570		0,157		0,0556		0,1570		0,157		0,0556		0,1570		0,157		0,0556		0,1570		0,157		0,0556		0,1570		0,157		0,157		0,157		0,157		0,157			
F-test (P-value)	---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---	
Removed Variables	---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---		---	

"Modelo Intermediário Final"						
CV	Linear Regression		Linear Regression		Linear Regression	
	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>
noTP	4,576	0,213	-33,51676	0,183	-44,576	0,061
durPROJ	4,764	0,243	4,764	0,243	4,764	0,243
durTOTAL	-49,929	0,044	-43,747	0,119	-49,929	0,044
BAC	563,705	0,022	322,073	0,041	563,705	0,022
BAC_noTOTAL	919,084	0,081	393,401	0,227	919,084	0,081
BAC_noTP	60758,690	0,105	64479,000	0,083	60758,690	0,105
BAC_durTOTAL	-12,920	0,000	-11,456	0,001	-12,920	0,000
noAE	9,271	0,011	6,902	0,027	9,271	0,011
cosAE_BAC	-48,6056	0,540	-48,6056	0,540	-48,6056	0,540
cosAE_noAE	-38,830	0,211	-48,473	0,102	-38,830	0,211
durAE	6,406	0,028	7,183	0,012	6,406	0,028
durAE_durTOTAL	-37,595	0,749	81,272	0,259	-37,595	0,749
_cons	185		185		185	
Number of obs	185		185		185	
Prob > F	0,003		0,000		0,000	
Required within	---		---		---	
Required between	---		---		---	
Required overall	0,1561		0,1561		0,1561	
F-test (P-value)	0,9994		0,9645		0,9645	
Removed Variables	---		---		---	

TABELA XIX
MODELO PARA O ERRO DO SV(T)

SV(t)	"Modelo Inicial"						"Modelo Final Individual"						"Modelo Inicial"						"Modelo Final Individual"						"Modelo Intermediário"		"Modelo Intermediário Final"			
	POLS		RE		FE		POLS		RE		FE		POLS		RE		FE		POLS		RE		FE		Cluster Effect		Cluster Effect			
	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>	Coef.	P>		
noTOTAL	0.778	0.003	0.778	0.002	0.000	(omitted)	0.652	0.001	0.652	0.000	0.000	0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	0.733	0.000	0.733	0.000	0.000	(omitted)	2.502	0.000	2.502	0.000	noTOTAL		
noTP	2.716	0.055	2.716	0.053	0.000	(omitted)	2.814	0.015	2.814	0.014		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	2.716	0.000	2.716	0.000	2.502	0.000	noTP			noTP			
durPROJ	-2.679	0.041	-2.679	0.039	0.000	(omitted)	-2.210	0.003	-2.210	0.003		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	-2.679	0.000	-2.679	0.000	-2.5812	0.000	durPROJ			durPROJ			
durTOTAL	3.426	0.029	3.426	0.028	0.000	(omitted)	3.191	0.007	3.191	0.007		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	3.426	0.000	3.426	0.000	3.92	0.000	durTOTAL			durTOTAL			
BAC	-19.632	0.469	-19.632	0.468	0.000	(omitted)	-14.864	0.049	-14.864	0.047		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	-19.632	0.000	-19.632	0.000	-10.845	0.003	BAC			BAC			
BAC_noTOTAL	166.218	0.752	166.218	0.752	0.000	(omitted)						0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	166.218	0.000	166.218	0.000	-10.845	0.003	BAC_noTP			BAC_noTP			
BAC_noTP	861.862	0.118	861.862	0.116	0.000	(omitted)	1028.047	0.000	1028.047	0.000		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	861.862	0.000	861.862	0.000	962.693	0.000	BAC_durPROJ			BAC_durPROJ			
BAC_durPROJ	-28692.150	0.370	-28692.150	0.368	0.000	(omitted)	-36722.330	0.000	-36722.330	0.000		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	-28692.150	0.000	-28692.150	0.000	-37202.830	0.000	BAC_durTOTAL			BAC_durTOTAL			
BAC_durTOTAL	59875.870	0.079	59875.870	0.078	0.000	(omitted)	69140.810	0.000	69140.810	0.000		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	59875.870	0.000	59875.870	0.000	67528.600	0.000	BAC_noAE			BAC_noAE			
noAE	-0.081	0.986	-0.081	0.986	0.706	0.883						0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	-0.081	0.000	-0.081	0.000	-1.790	0.245	noAE_durTOTAL			noAE_durTOTAL			
noAE_noTOTAL	1.149	0.451	1.149	0.450	-1.311	0.723	1.389	0.096	1.389	0.094		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	1.149	0.000	1.149	0.000	1.790	0.245	noAE_noTP			noAE_noTP			
costAE	8.591	0.668	8.591	0.667	9.394	0.646						0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	8.591	0.000	8.591	0.000	9.394	0.502							
costAE_BAC	0.862	0.539	0.862	0.538	0.764	0.614						0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	0.862	0.000	0.862	0.000	0.764	0.959							
costAE_noAE	-20.563	0.572	-20.563	0.572	-20.890	0.574						0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	-20.563	0.000	-20.563	0.000	-20.890	0.291							
durAE	-16.781	0.282	-16.781	0.280	-10.708	0.559						0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	-16.781	0.000	-16.781	0.000	-14.268	0.168	durAE			durAE			
durAE_durTOTAL	1.946	0.089	1.946	0.087	2.197	0.117	1.914	0.015	1.914	0.014		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	1.946	0.000	1.946	0.000	2.066	0.248	durAE_durPROJ			durAE_durPROJ			
durAE_noAE	18.568	0.641	18.568	0.641	8.158	0.854						0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	18.568	0.000	18.568	0.000	16.896	0.321	durAE_noTOTAL			durAE_noTOTAL			
cons	-92.320	0.083	-92.320	0.081	0.683	0.626	-87.351	0.014	-87.351	0.013		0.778	0.000	0.778	0.000	0.000	(omitted)	-92.320	0.000	-92.320	0.000	-77.254	0.000	cons			cons			
Number of obs	185		185		185		185		185			185		185		185		185		185		185		185		185		185		185
Prob > F	0.000		0.000		0.638		0.000		0.000			0.778		0.778		0.000		0.000		0.000		0.403		Prob > F			Prob > F			
Required within			0.0316		0.0348		0.0200		0.0266			0.778		0.778		0.0266		0.0266		0.0266		0.0277		0.0266		0.0266		0.0266		0.0266
Required between			0.9911		0.5869		0.9910		0.7493			0.778		0.778		0.7493		0.7493		0.7493		0.9918		0.7493		0.7493		0.7493		0.7493
Required overall			0.3162		0.1632		0.3060		0.1959			0.778		0.778		0.1959		0.1959		0.1959		0.3132		0.1959		0.1959		0.1959		0.1959
F-test (F-value)																														
Removed Variables																														

"Modelo Intermediário Final"					
SV(t)	Linear Regression		Com Cluster Effect		P>
	Coef.	P>	Coef.	P>	
noTOTAL	0.000	(omitted)	0.000	(omitted)	0.000
noTP	0.000	(omitted)	0.000	(omitted)	0.000
durPROJ	0	(omitted)	0	(omitted)	0.000
durTOTAL	0.000	(omitted)	0.000	(omitted)	0.000
BAC	0.000	(omitted)	0.000	(omitted)	0.000
BAC_noTP	0	(omitted)	0	(omitted)	0.000
BAC_durPROJ	0.000	(omitted)	0.000	(omitted)	0.000
BAC_durTOTAL	0.000	(omitted)	0.000	(omitted)	0.000
noAE_noTOTAL	-4.601	0.863	-4.601	0.770	
durAE	-6.738	0.673	-6.738	0.642	
durAE_durTOTAL	2.450	0.689	2.450	0.441	
durAE_noAE	2.447	0.951	2.447	0.907	
_cons	10.217	0.613	10.217	0.462	
Number of obs	185		185		185
Prob > F	0.265		0.929		0.4063
Required within	0.0308		0.0308		0.0266
Required between	0.6533		0.6533		0.7493
Required overall	0.1725		0.1725		0.1959
F-test (F-value)	0.9532		0.7784		0.8693
Removed Variables					0.9319

Anexo 4. COEFICIENTE COMPOSTO DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS

TABELA XX

VARIÁVEIS EXPLICATIVAS PRIMÁRIAS – VALORES MÉDIOS DA AMOSTRA

Project	noTOTAL [Un.]	noTP [Un.]	durPROJ [x100 days]	durTOTAL [x100 days]	BAC [x1 ME]	noAE [Un.]	costAE [x1ME]	durAE [x100 days]
All (average)	63,933	23,000	4,012	13,485	5,704	2,551	0,265	0,777

TABELA XXI

VARIÁVEIS EXPLICATIVAS PRIMÁRIAS – ANÁLISE DO IMPACTO RELATIVO

	Un.	Average	Average +1 (*)	Δ	EV / PC / SPI / CPI		SV		CV		ES / SPI(t)		SV(t)	
					Coef.	Coef. Robust	Coef.	Coef. Robust	Coef.	Coef. Robust	Coef.	Coef. Robust	Coef.	Coef. Robust
noTOTAL	Un.	63,933	64,933	1,000	-0,029	-0,040	0,787	1,024	---	---	---	---	---	---
BAC_noTOTAL	M€	0,089	0,088	-0,001	0,025	0,034	---	---	-0,775	-0,789	-0,012	-0,012	---	---
noAE_noTOTAL	%	0,040	0,039	-0,001	0,000	0,000	-0,003	-0,004	0,008	0,006	0,000	0,000	---	---
$Coeff_{noTOTAL_i}^{COMPOSTO}$					-0,004	-0,006	0,784	1,020	-0,767	-0,783	-0,012	-0,012	---	---
noTP	Un.	23,000	24,000	1,000	-0,155	-0,194	2,478	3,176	4,576	6,300	---	---	---	---
BAC_noTP	M€	0,248	0,238	-0,010	---	---	-8,171	-9,733	-9,501	-12,618	---	---	---	---
$Coeff_{noTP_i}^{COMPOSTO}$					-0,155	-0,194	-5,693	-6,557	-4,925	-6,319	---	---	---	---
durPROJ	x100 Days	4,012	5,012	1,000	---	---	-21,933	-18,094	-33,517	---	---	---	---	---
BAC_durPROJ	M€/ Day	1,422	1,138	-0,284	---	-8,305	10040,961	11563,397	---	---	-124,256	-124,256	---	---
$Coeff_{durPROJ_i}^{COMPOSTO}$					---	-8,305	10019,028	11545,303	-33,517	0,000	-124,256	-124,256	---	---
durTOTAL	x100 Days	13,485	14,485	1,000	---	0,054	3,544	1,532	4,764	-1,670	---	---	---	---
BAC_durTOTAL	M€/ Day	0,423	0,394	-0,029	-39,228	-51,142	-1428,563	-1515,673	-1774,409	-1610,491	---	---	---	---
durAE_durTOTAL	%	0,058	0,054	-0,004	---	---	-0,011	---	-0,025	---	---	---	-0,008	---
$Coeff_{durTOTAL_i}^{COMPOSTO}$					-39,228	-51,089	-1425,031	-1514,141	-1769,670	-1612,161	---	---	-0,008	---
BAC		5,704	6,704	1,000	---	---	---	---	-69,929	-82,711	-0,745	-0,745	---	---
BAC_noTOTAL	M€	0,089	0,105	0,016	-0,279	-0,382	---	---	8,817	8,984	0,136	0,136	---	---
BAC_noTP	M€	0,248	0,291	0,043	---	---	34,381	40,952	39,974	53,091	---	---	---	---
BAC_durPROJ	M€/ Day	1,422	1,671	0,249	---	7,297	-8822,515	-10160,207	---	---	109,178	109,178	---	---
BAC_durTOTAL	M€/ Day	0,423	0,497	0,074	99,612	129,866	3627,556	3848,752	4505,761	4089,525	---	---	---	---
costAE_BAC	%	0,046	0,039	-0,007	-0,003	-0,004	---	---	-0,064	-0,077	-0,004	-0,004	---	---
$Coeff_{BAC_i}^{COMPOSTO}$					99,329	136,777	-5160,579	-6270,503	4484,559	4068,812	108,565	108,565	---	---
noAE	Un.	2,551	3,551	1,000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
noAE_noTOTAL	%	0,040	0,056	0,016	-0,004	-0,005	0,071	0,107	-0,202	-0,165	-0,007	-0,007	---	---
costAE_noAE	M€	0,104	0,075	-0,029	---	---	---	---	1,419	---	---	---	---	---
durAE_noAE	x100 Days	0,305	0,219	-0,086	---	---	---	-5,246	---	---	---	---	---	---
TOTAL					-0,004	-0,005	0,071	-5,140	1,217	-0,165	-0,007	-0,007	---	---
costAE	M€	0,265	1,265	1,000	0,000	-1,781	---	---	---	---	-2,183	-2,183	---	---
costAE_BAC	%	0,046	0,222	0,175	0,084	0,091	---	---	1,625	1,962	0,091	0,091	---	---
costAE_noAE	M€	0,104	0,496	0,392	---	---	---	---	-19,051	---	---	---	---	---
$Coeff_{costAE_i}^{COMPOSTO}$					0,084	-1,690	---	---	-17,426	1,962	-2,092	-2,092	---	---
durAE	x100 Days	0,777	1,777	1,000	---	---	-25,146	-23,944	-38,830	---	---	---	---	---
durAE_durTOTAL	%	0,058	0,132	0,074	---	---	0,207	---	0,475	---	---	---	0,151	---
durAE_noAE	x100 Days	0,305	0,697	0,392	---	---	---	23,965	---	---	---	---	---	---
$Coeff_{durAE_i}^{COMPOSTO}$					---	---	-24,939	0,022	-38,355	---	---	---	0,151	---

(*) Para as variáveis explicativas secundárias, as variações indicadas correspondem à variação originada pela variação unitária da variável explicativa primária.

Anexo 5. VARIAÇÃO DO ERRO COM O TEMPO

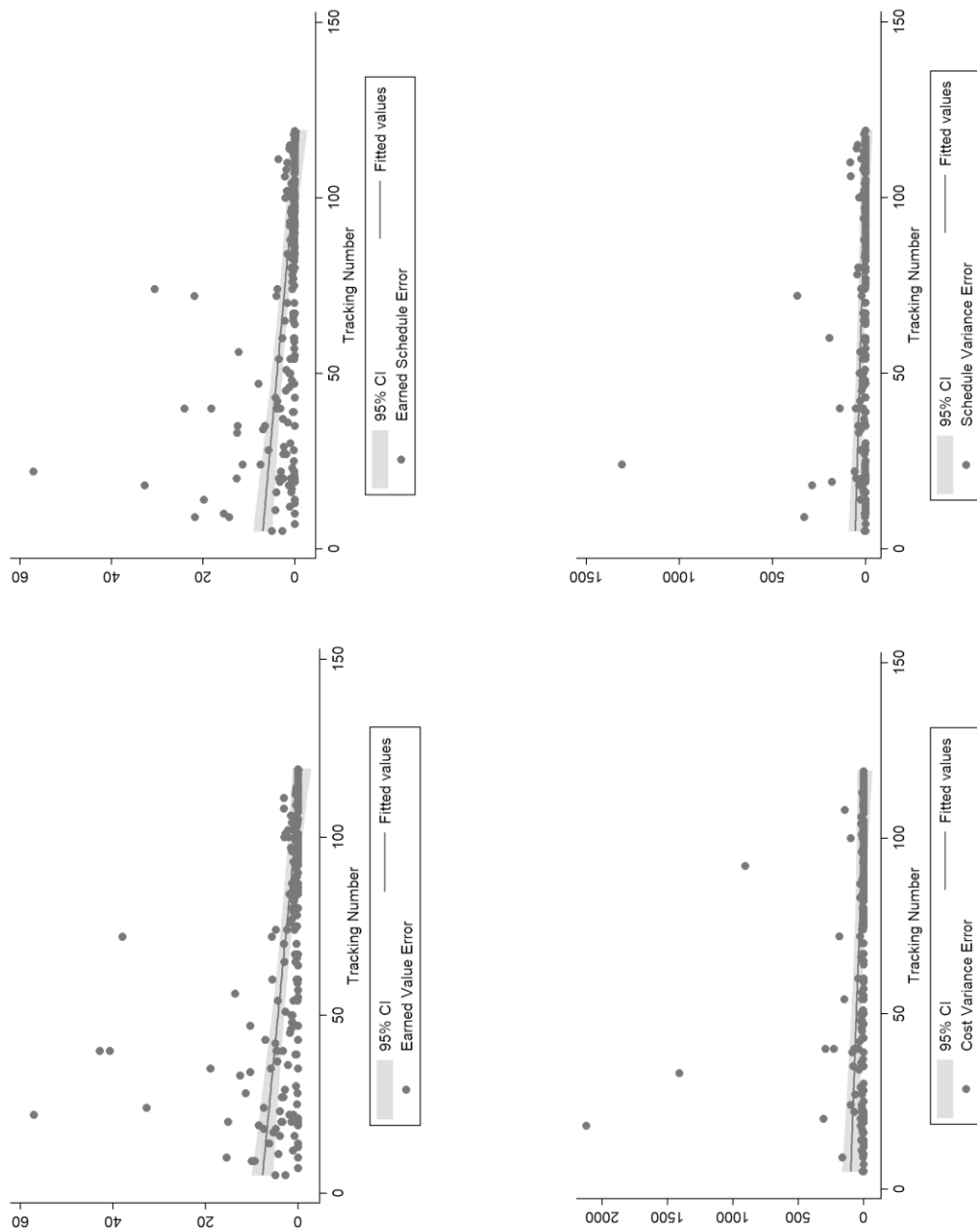


TABELA XXII
VARIAÇÃO DO ERRO COM O TEMPO

Variável	R-sq			Coef. (P> t)		
	within	between	overall	POLS	RE	FE
EV/PC/SPI/CPI	0,0725	0,4661	0,1163	- 0,0742	- 0,0572	- 0,0520
SV	0,0201	0,0777	0,0287	- 0,5277	- 0,3690	- 0,3563
CV	0,0179	0,1632	0,0257	- 0,9450	- 0,9046	- 0,7997
ES/SPI(t)	0,0811	0,5199	0,1279	- 0,0693	- 0,0612	- 0,0535