

# Análise de custo-eficácia da transição da identificação microbiana por método bioquímico *versus* método proteómico num laboratório clínico de microbiologia

Lucília Maria de Sousa Marques Rebelo

## **Análise de custo-eficácia da transição da identificação microbiana por método bioquímico versus método proteómico num laboratório clínico de microbiologia**

**Autor**

Lucília Maria de Sousa Marques Rebelo

**Orientador**

Professor Doutor Jorge Manuel Condeço Ribeiro

Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto

Centro de Sangue e Transplantação do Porto do Instituto Português do Sangue e da Transplantação IP

*Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à  
obtenção do grau de Mestre em **Gestão das Organizações – Ramo  
Gestão de Unidades de Saúde** pela Escola Superior de Saúde do Instituto  
Politécnico do Porto.*

## Agradecimentos

A jornada que culmina nesta dissertação foi marcada por desafios, descobertas e crescimento pessoal e profissional. Nenhum destes passos teria sido possível sem o apoio incondicional de pessoas especiais que estiveram ao meu lado.

À minha família, o meu pilar. Obrigada por acreditarem em mim mesmo nos momentos em que duvidei. O vosso amor, paciência e incentivo foram a força silenciosa que me sustentou. Cada palavra de carinho, cada gesto de apoio, cada abraço nos dias difíceis – tudo isso está gravado nesta conquista.

Aos meus amigos, que souberam compreender ausências e celebrar conquistas. Obrigada pelas conversas que aliviaram o peso da responsabilidade, pelas gargalhadas que trouxeram leveza e pela presença constante, mesmo à distância.

Aos meus amigos, Dr. Hugo Cruz e Dr. Vítor Santos, expresso a mais profunda gratidão pela orientação rigorosa, disponibilidade generosa e estímulo intelectual. A vossa exigência e confiança foram fundamentais para que este trabalho ganhasse forma e profundidade.

A todos os profissionais do laboratório clínico que colaboraram com este estudo, agradeço pela partilha de conhecimento, pela abertura e pelo tempo dedicado. Sem vocês, esta investigação não teria sido possível.

Este trabalho é, acima de tudo, um reflexo da rede de afetos e saberes que me rodeia. A todos, o meu sincero obrigada.

## Resumo

Nos últimos anos, a Microbiologia Clínica tem registado avanços significativos na identificação microbiana, fator crucial para o diagnóstico eficaz e tratamento de infeções. Este trabalho centra-se numa análise de custo-eficácia comparativa entre dois sistemas de identificação microbiana amplamente utilizados: o VITEK 2, baseado em métodos bioquímicos, e o MALDI-TOF MS, um método proteómico, com destaque para os sistemas Bruker Biotyper® e VITEK MS®.

A introdução de métodos proteómicos tem transformado a prática laboratorial, proporcionando identificações mais rápidas, precisas e económicas em comparação com os métodos tradicionais. Os estudos recentes demonstram que o MALDI-TOF MS apresenta superioridade em termos de taxa de identificação correta, tempo de resposta e custos operacionais. Por exemplo, enquanto o VITEK 2 necessita de 6 a 18 horas para produzir resultados, o MALDI-TOF MS pode fornecer identificações em menos de 20 minutos. Além disso, apresenta menor taxa de erro e requer menos manutenção e consumo de reagentes.

Este trabalho adota uma abordagem quantitativa, descritiva e comparativa, com recolha de dados num laboratório clínico que avalia a transição do VITEK 2 para o MALDI Biotyper®. A metodologia inclui a análise de custos diretos (equipamentos, reagentes, manutenção, formação) e indiretos (tempo de pessoal, impacto no fluxo de trabalho), bem como a eficácia (tempo de diagnóstico e precisão). A análise estatística permitirá comparar as duas tecnologias com base em indicadores como custo por teste, custo por diagnóstico preciso e tempo médio de identificação.

A análise de custo-eficácia fornecerá uma base sólida para decisões estratégicas na gestão laboratorial e permitirá compreender qual tecnologia oferece maior retorno clínico e económico. Os resultados esperados deverão evidenciar as vantagens do MALDI-TOF MS, não apenas em termos de desempenho técnico, mas também na redução de custos a médio e longo prazo, contribuindo para a melhoria da qualidade dos serviços laboratoriais e para uma resposta mais rápida e adequada aos pacientes.

Este trabalho reforça a importância de alinhar escolhas tecnológicas com objetivos estratégicos das unidades de saúde, otimizando recursos e promovendo um atendimento clínico mais eficiente.

**Palavras-chave:** custo-eficácia, diagnóstico microbiológico, identificação bioquímica, identificação proteómica

## Abstract

In recent years, Clinical Microbiology has undergone significant advancements in microbial identification, a crucial factor for effective diagnosis and treatment of infections. This study presents a cost-effectiveness analysis comparing two widely used microbial identification systems: VITEK® 2, based on biochemical methods, and MALDI-TOF MS, a proteomic method, focusing on the Bruker Biotyper® system.

Proteomic methods have revolutionized laboratory practice by offering faster, more accurate, and cost-efficient identifications compared to traditional techniques. While VITEK® 2 requires 6 to 18 hours to produce results, MALDI-TOF MS can deliver identifications in under 20 minutes, with lower error rates and reduced reagent consumption.

This research adopts a quantitative, descriptive, and comparative approach, analyzing direct costs (equipment, reagents, maintenance, training), indirect costs (staff time, workflow impact), and effectiveness (diagnostic speed and accuracy). Statistical analysis compares both technologies using indicators such as cost per test, cost per accurate diagnosis, and average identification time.

The findings aim to support strategic decision-making in laboratory management, highlighting the clinical and economic advantages of MALDI-TOF MS. The results are expected to demonstrate its superior technical performance and long-term cost reduction, contributing to improved laboratory service quality and faster patient care.

**Keywords:** cost-effectiveness, microbial diagnosis, biochemical identification, proteomic identification

## Índice

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 1. Introdução.....              | 1  |
| 2. Métodos.....                 | 6  |
| 3. Resultados.....              | 8  |
| 4. Discussão.....               | 13 |
| 5. Conclusão.....               | 17 |
| Referências Bibliográficas..... | 18 |

## 1. Introdução

Nos últimos anos, a Microbiologia Clínica tem desempenhado um papel fundamental no diagnóstico e tratamento de doenças infecciosas, uma vez que a identificação precisa e rápida de microrganismos patogénicos é essencial para o sucesso do tratamento e para o controlo adequado da disseminação de infeções.

O diagnóstico microbiológico constitui um processo sequencial que visa a deteção e caracterização dos agentes patogénicos presentes em amostras clínicas. Este processo inicia-se, habitualmente, com o exame microscópico direto, que permite uma avaliação preliminar da morfologia, associação e características tintoriais dos microrganismos, podendo orientar a suspeita etiológica inicial. A etapa seguinte é o exame cultural, na qual as amostras são inoculadas em meios de cultura líquidos e/ou sólidos, incluindo meios enriquecidos, seletivos e/ou diferenciais, proporcionando o crescimento e subsequente isolamento das colónias microbianas. A fase seguinte, a identificação, reveste-se de particular relevância, uma vez que determina, com exatidão, a espécie microbiana implicada no quadro clínico. Tradicionalmente, esta identificação tem sido realizada com base em métodos bioquímicos, os quais exploram o perfil metabólico dos microrganismos através da observação de reações enzimáticas específicas. Apesar de amplamente utilizados, estes métodos apresentam limitações inerentes, como o tempo prolongado de execução, a variabilidade interlaboratorial e a menor sensibilidade em microrganismos fastidiosos e/ou de crescimento lento. A introdução de métodos proteómicos, com destaque para a espectrometria de massa *matrix-assisted laser desorption/ionisation time-of-flight* (MALDI-TOF MS), tem revolucionado este processo, permitindo a identificação rápida, precisa e de elevado rendimento através da análise do espectro proteico característico de cada microrganismo. Por fim, procede-se ao estudo da suscetibilidade antimicrobiana, crucial para a definição da terapêutica mais adequada.

No contexto da identificação microbiana, os métodos bioquímicos automatizados e os métodos proteómicos representam abordagens distintas, com implicações relevantes em termos de desempenho diagnóstico, tempo de resposta e custo. Entre os métodos bioquímicos, destaca-se o sistema VITEK® 2 (bioMérieux), amplamente implementado em laboratórios clínicos. Este sistema baseia-se na análise do perfil metabólico dos microrganismos através da leitura automatizada de reações bioquímicas em cartões específicos, possibilitando uma identificação a nível do género e da espécie em cerca de 6 a 18 horas, consoante o agente em causa. Apesar da sua robustez e fiabilidade, o VITEK® 2 pode apresentar limitações na identificação de algumas espécies menos comuns ou com perfis metabólicos atípicos. Por outro lado, os métodos proteómicos têm vindo a afirmar-se como alternativas rápidas e altamente

precisas, destacando-se dois sistemas principais: o VITEK® MS (bioMérieux) e o MALDI Biotyper® (Bruker). Ambos utilizam a análise do espectro proteico dos microrganismos, gerado a partir da ionização de proteínas ribossômicas, permitindo uma identificação a nível do género e da espécie em apenas alguns minutos após o crescimento das colónias. A principal diferença entre os dois reside na base de dados utilizada e na interface de interpretação. Assim, a escolha entre estas plataformas depende frequentemente de fatores institucionais, como a integração com sistemas laboratoriais existentes e os custos operacionais associados.

Os estudos que comparam o VITEK® 2 com o MALDI-TOF MS para identificação microbiana demonstraram que o MALDI-TOF MS oferece, em geral, um desempenho superior em termos de rapidez, precisão e relação custo-benefício. Um estudo de Guo et al. comparou a precisão do MALDI-TOF MS e do VITEK® 2 na identificação de 1.025 isolados bacterianos. O MALDI-TOF MS identificou corretamente 99,60% dos isolados ao nível do género e 93,37% ao nível da espécie, enquanto o VITEK® 2 identificou corretamente 92,59% dos isolados ao nível da espécie. O MALDI-TOF MS apresentou uma taxa de erro de identificação inferior à do VITEK® 2, tornando-se assim um método mais fiável para a identificação bacteriana de rotina [1].

Outro estudo, conduzido por Dubois et al., avaliou o sistema VITEK® MS, baseado em MALDI-TOF MS, e concluiu que este era altamente preciso, com 96,2% de identificações corretas ao nível da espécie. Este estudo destacou a simplicidade e conveniência do sistema VITEK® MS, que requer uma preparação mínima da amostra [2]. Além disso, Lévesque et al. realizaram uma comparação lado a lado entre os sistemas MALDI Biotyper® e VITEK® MS, demonstrando que ambos forneceram elevados níveis de identificação correta para uma vasta gama de microrganismos. No entanto, o VITEK® MS apresentou mais identificações erradas quando o microrganismo não estava presente na base de dados [3].

As principais limitações do sistema VITEK® 2, em comparação com o MALDI-TOF MS para identificação microbiana, incluem vários fatores-chave. Em primeiro lugar, em termos de precisão, o VITEK® 2 apresenta uma taxa de erro mais elevada. Guo et al. relataram uma taxa de erro de identificação ao nível da espécie de 6,24% para o VITEK 2, enquanto o MALDI-TOF MS apresentou uma taxa de erro inferior, de 5,56% [1]. Em segundo lugar, a velocidade constitui uma limitação significativa; o VITEK® 2 requer normalmente entre 6 a 18 horas para efetuar a identificação, ao passo que o MALDI-TOF MS pode fornecer resultados em menos de 20 minutos. Este tempo de resposta rápido é crucial para decisões clínicas atempadas [4]. Em terceiro lugar, as limitações da base de dados reduzem a precisão de identificação do VITEK® 2, que frequentemente identifica erroneamente ou não consegue identificar organismos que não estão presentes na sua base de dados. Lévesque et al. observaram mais

identificações erradas com o VITEK MS quando um microrganismo estava ausente da base de dados, em comparação com o MALDI Biotyper® [3].

Em quarto lugar, no que diz respeito à relação custo-benefício, embora ambos os sistemas tenham custos operacionais, o MALDI-TOF MS é geralmente mais económico a longo prazo devido aos custos reduzidos de reagentes e menor necessidade de mão-de-obra. Por exemplo, van Veen et al. demonstraram que o MALDI-TOF MS teve um desempenho significativamente melhor na identificação de espécies de estafilococos e na identificação ao nível do género do grupo HACEK [5]. Por fim, o MALDI-TOF MS consegue identificar uma gama mais ampla de microrganismos, incluindo agentes patogénicos invulgares e de difícil identificação, com maior precisão do que o VITEK® 2.

As implicações económicas da utilização do VITEK® 2 *versus* o MALDI-TOF MS em ambientes clínicos são significativas. Em termos de custos com reagentes, o MALDI-TOF MS reduz substancialmente estas despesas. Tran et al. relataram que o uso do MALDI-TOF MS resultou numa redução de 87,8% nos custos com reagentes por ano, o que corresponde a uma poupança líquida de \$69.108,61 [6]. Os custos com mão-de-obra também são reduzidos; Tan et al. verificaram que a incorporação do MALDI-TOF MS reduziu os custos com pessoal em \$102.424 ou 56,9% em 12 meses, devido ao processo de identificação rápida e à menor intervenção técnica [7]. Considerando a relação custo-benefício global, Tran et al. demonstraram que os métodos tradicionais (incluindo o VITEK® 2) custariam \$142.532,69, enquanto o MALDI-TOF MS custou \$68.886,51, resultando numa poupança de \$73.646,18 ou 51,7% ao ano. Além disso, Ge et al. relataram que o MALDI-TOF MS reduziu o tempo de processamento para aeróbios de 32,5 horas para 4,1 horas, contribuindo para a eficiência operacional e redução de custos [6,8].

Os custos de reagentes a longo prazo do sistema VITEK® 2 são significativamente mais elevados em comparação com o MALDI-TOF MS. Tran et al. atribuíram esta diferença ao facto de o MALDI-TOF MS necessitar de reagentes mínimos, consistindo principalmente em solução de matriz e padrões de calibração, ao passo que o VITEK® 2 utiliza consumíveis mais extensos e dispendiosos [6]. Tan et al. reforçaram ainda esta conclusão, ao reportarem poupanças totais em custos com reagentes e mão-de-obra com o uso do MALDI-TOF MS [7].

No que respeita à manutenção, o sistema VITEK® 2 exige tarefas mais frequentes e complexas. As tarefas diárias incluem a limpeza do sistema óptico e a verificação dos níveis de fluido, enquanto as tarefas semanais e mensais envolvem procedimentos e calibrações mais intensivos. Além disso, são necessários controlos de qualidade frequentes, o que implica maior tempo técnico e potenciais períodos de inatividade. Em contraste, os sistemas MALDI-TOF MS, como o MALDI Biotyper® e o VITEK® MS, requerem manutenção menos frequente — essencialmente a limpeza da fonte de iões e calibração

semanal ou mensal. Estas tarefas são menos exigentes em termos de mão-de-obra, reduzindo o tempo técnico e os custos associados [1,2,3,9].

Em resumo, os sistemas MALDI-TOF MS oferecem uma identificação microbiana rápida, precisa e económica, superando frequentemente métodos tradicionais como o VITEK® 2. Estas vantagens – combinadas com menor necessidade de manutenção, melhor cobertura da base de dados e desempenho global superior – tornam o MALDI-TOF MS uma ferramenta valiosa em laboratórios clínicos de microbiologia.

A análise de custo-eficácia é uma ferramenta essencial na gestão de organizações de saúde, pois permite que as decisões sejam tomadas com base em dados objetivos sobre os benefícios e os custos das tecnologias e intervenções. No caso específico da microbiologia clínica, onde a rapidez e a precisão dos diagnósticos são fatores críticos para o tratamento eficaz de infeções, a escolha da tecnologia mais apropriada pode ter um impacto significativo na qualidade do atendimento ao paciente e na eficiência do laboratório. Por outro lado, a pressão no sentido da redução de custos nas unidades de saúde exige que os gestores considerem novas abordagens que tragam melhorias não apenas na eficiência dos processos, mas também nos resultados clínicos. O uso de tecnologias mais rápidas e precisas, como o MALDI Biotyper®, pode reduzir o tempo de resposta laboratorial, o que, por sua vez, permite um início de tratamento mais rápido e adequado, minimizando os custos associados a complicações de infeções não tratadas adequadamente. Além disso, a análise de custo-eficácia permite que os gestores avaliem a viabilidade de uma transição tecnológica em termos de retorno sobre investimento. A adoção de uma nova tecnologia não deve ser analisada apenas em termos de custos diretos de aquisição, mas também deve levar em consideração o impacto a longo prazo em termos de aumento na eficiência e qualidade dos serviços oferecidos pelo laboratório. Num cenário em que os recursos financeiros são limitados, e a qualidade do atendimento é uma prioridade, é importante compreender que tecnologia se alinha melhor com os objetivos estratégicos de um laboratório clínico, contribuindo, assim, para a melhoria da gestão das unidades de saúde.

Este trabalho visa realizar uma análise de custo-eficácia da transição da identificação microbiana por método bioquímico *versus* método proteómico num laboratório clínico de microbiologia. A análise de custo-eficácia proposta neste estudo busca responder a questões-chave para os gestores de unidades de saúde, como: “Qual das tecnologias oferece melhor custo-benefício em termos de resultados rápidos e precisos?” e “Qual é o impacto financeiro da adoção de uma nova tecnologia de identificação microbiana no contexto de um laboratório clínico?” As respostas a essas perguntas ajudarão a fornecer uma base

sólida para decisões informadas sobre a implementação de novas tecnologias em serviços de saúde, que devem sempre considerar tanto os aspetos económicos quanto os clínicos.

## 2. Métodos

### 2.1. Tipo de estudo

Este estudo é de natureza quantitativa, descritiva e comparativa, tendo como objetivo principal a análise da relação custo-eficácia entre dois sistemas de identificação microbiana utilizados em microbiologia clínica: o sistema bioquímico VITEK® 2 e o sistema proteómico MALDI-TOF MS (Bruker Biotyper®).

### 2.2. Contexto e população

A investigação foi realizada no laboratório clínico de microbiologia da Trofa Saúde Patologia Clínica, tendo como base a atividade anual estimada de 10.000 identificações microbianas. Esta estimativa foi utilizada como referência para o cálculo dos custos e tempos médios associados a cada sistema.

### 2.3. Amostragem e fontes de dados

A amostragem foi não probabilística por conveniência, baseada em dados internos do laboratório e entrevista com técnicos superiores de diagnóstico e terapêutica (TSDT). As fontes de dados incluíram registos de consumo de reagentes, contratos de manutenção dos equipamentos, tabelas de preços e aluguer, observações diretas do fluxo de trabalho laboratorial, e especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes.

### 2.4. Variáveis em estudo

Foram analisadas as seguintes variáveis para cada sistema: custo direto por identificação (reagentes, aluguer de equipamento), tempo de preparação técnica (em minutos por identificação), tempo de execução do sistema (tempo até obtenção de resultado), assim como custo indireto associado ao tempo do técnico.

Importa referir que os encargos relativos à manutenção dos equipamentos e à formação dos profissionais não foram considerados como custos adicionais neste estudo, uma vez que tais serviços foram disponibilizados, sem custos, pelas entidades fornecedoras das tecnologias em análise.

### 2.5. Procedimentos de análise

A análise estatística foi descritiva, com cálculo de médias, intervalos e percentagens. A comparação entre os sistemas incluiu: diferenças absolutas e relativas no custo por identificação, diferenças médias no

tempo de preparação e execução, bem como estimativas de poupança anual com base na substituição do sistema bioquímico pelo proteómico.

## 2.6. Considerações éticas

Este estudo respeitou os princípios éticos da investigação científica, tendo sido conduzido com base em dados institucionais e entrevistas profissionais. Os participantes foram previamente informados sobre os objetivos do estudo e deram o seu consentimento informado. A confidencialidade dos dados foi assegurada, não tendo sido utilizados dados clínicos de utentes nem envolvida qualquer experimentação com seres humanos ou animais.

### 3. Resultados

A população em estudo corresponde à atividade anual de um laboratório clínico de microbiologia que realiza, em média, entre 9.500 e 10.000 identificações microbianas por ano. Para efeitos de cálculo e uniformização dos dados, considerou-se o valor de 10.000 identificações anuais. Além disso, assumiu-se o custo médio de 8€ por hora de trabalho do TSDT.

No caso do sistema VITEK® 2, cada caixa de 20 testes tem um custo de 235€, o que equivale a 11,75€ por identificação. O tempo médio de preparação por parte do TSDT é de aproximadamente 3 minutos por identificação, o que corresponde a 0,05 horas. Considerando o custo horário de 8€, o custo técnico por identificação é de 0,40€. O custo total por identificação, somando reagente e tempo técnico, é de 12,15€. O tempo que o sistema demora a produzir uma identificação varia entre 6 e 18 horas, dependendo do agente microbiano em causa. Para efeitos de cálculo, foi considerada a média de 12 horas por teste.

Por outro lado, o sistema MALDI Biotyper® tem uma renda mensal fixa de 3.400€, o que representa um custo anual de 40.800€. Como praticamente não existem custos adicionais por teste, o custo direto por identificação é de 4,08€, considerando 10.000 identificações por ano. O tempo médio de preparação por parte do técnico é de 0,5 minutos por identificação, o que equivale a 0,0083 horas. Com base no mesmo custo horário, o custo técnico por identificação é de 0,07€. O custo total por identificação, somando renda e tempo técnico, é de 4,15€. O tempo que o sistema demora a produzir uma identificação é de cerca de 5 minutos.

A análise quantitativa permitiu caracterizar os custos diretos e indiretos, bem como os tempos operacionais associados aos sistemas VITEK® 2 e MALDI Biotyper®, com base num volume anual de 10.000 identificações microbianas. Os resultados são apresentados em três dimensões principais: custo por identificação, tempo técnico despendido e tempo de execução dos sistemas.

No que respeita ao custo por identificação, o sistema VITEK® 2 apresenta um custo total de 12,15€ por teste. Este valor resulta da soma de dois componentes: o custo dos reagentes, que corresponde a 11,75€, e o custo do tempo técnico, estimado em 0,40€. O custo dos reagentes foi calculado com base no preço unitário de 235€ por caixa de 20 testes, enquanto o custo técnico foi obtido considerando um tempo médio de preparação de 3 minutos por identificação e uma remuneração horária de 8€ para o TSDT. O sistema MALDI Biotyper®, por sua vez, apresenta um custo total por identificação de 4,15€, composto por 4,08€ relativos à renda mensal do equipamento (3.400€), convertida em custo anual (40.800€) e dividida pelo número de identificações, e por 0,07€ referentes ao tempo técnico, calculado com base em 0,5 minutos por teste e na mesma remuneração horária. A **Tabela 1** apresenta os valores unitários por identificação para cada sistema, discriminando os componentes de custo e os tempos operacionais.

**Tabela 1 – Custo por identificação.**

| Sistema         | Custo reagente | Custo técnico | Custo total | Tempo técnico | Tempo execução |
|-----------------|----------------|---------------|-------------|---------------|----------------|
| VITEK® 2        | 11,75€         | 0,40€         | 12,15€      | 3 min         | 6–18 horas     |
| MALDI Biotyper® | 4,08€          | 0,07€         | 4,15€       | 0,5 min       | 5 min          |

A diferença absoluta entre os dois sistemas é de 8,00€ por identificação, o que representa uma redução de 65,8% no custo unitário quando se utiliza o sistema MALDI Biotyper®. Esta diferença tem impacto direto no custo anual total. Para um volume de 10.000 identificações, o custo anual do sistema VITEK® 2 é de 121.500€, enquanto o custo anual do sistema MALDI Biotyper® é de 41.500€. A Tabela 2 apresenta os custos anuais estimados para cada sistema, com base no volume de trabalho considerado.

**Tabela 2 – Custo anual estimado (10.000 identificações).**

| Sistema         | Custo total por identificação | Custo anual total |
|-----------------|-------------------------------|-------------------|
| VITEK® 2        | 12,15€                        | 121.500€          |
| MALDI Biotyper® | 4,15€                         | 41.500€           |
| Diferença       | 8,00€                         | 80.000€           |

Para além da comparação absoluta, foi também analisada a composição percentual dos custos por identificação. No sistema VITEK® 2, o custo técnico representa 3,3% do custo total, enquanto no sistema MALDI Biotyper® representa 1,7%. Embora ambos os sistemas apresentem custos técnicos relativamente baixos em proporção, a diferença percentual é relevante quando projetada para volumes elevados. A Tabela 3 apresenta a distribuição percentual dos componentes de custo por identificação.

**Tabela 3 – Distribuição percentual do custo por identificação.**

| Sistema         | Custo reagente (%) | Custo técnico (%) |
|-----------------|--------------------|-------------------|
| VITEK® 2        | 96,7%              | 3,3%              |
| MALDI Biotyper® | 98,3%              | 1,7%              |

No que respeita ao tempo técnico despendido, o sistema VITEK® 2 requer, em média, 3 minutos por identificação, o que equivale a 0,05 horas. Multiplicado por 10.000 testes, este valor corresponde a um total anual de 500 horas de trabalho técnico. Considerando a remuneração de 8€/hora, o custo total do tempo técnico associado ao VITEK® 2 é de 4.000€. O sistema MALDI Biotyper®, por sua vez, exige apenas 0,5 minutos por identificação, o que equivale a 0,0083 horas. Para 10.000 testes, este tempo totaliza 83,3 horas anuais, com um custo associado de 666,67€. A Tabela 4 apresenta os tempos técnicos totais e os custos correspondentes.

**Tabela 4 – Tempo técnico e custo anual.**

| Sistema          | Tempo técnico total (horas) | Custo total técnico (€) |
|------------------|-----------------------------|-------------------------|
| VITEK® 2         | 500                         | 4.000€                  |
| MALDI Biotyper®  | 83,3                        | 666,67€                 |
| <b>Diferença</b> | <b>416,7</b>                | <b>3.333,33€</b>        |

Adicionalmente, foi também analisado o tempo de execução dos sistemas, entendido como o intervalo entre a introdução da amostra e a obtenção do resultado. O sistema VITEK® 2 apresenta uma duração média de 12 horas por identificação, com variações entre 6 e 18 horas, dependendo do agente microbiano em causa. Para efeitos de cálculo, foi considerada a média de 12 horas por teste, o que corresponde a um total anual de 120.000 horas para 10.000 identificações. O sistema MALDI Biotyper® tem um tempo de execução de aproximadamente 5 minutos por teste, o que equivale a 0,083 horas. Multiplicado por 10.000 identificações, este valor totaliza 833 horas anuais. A Tabela 5 apresenta os tempos de execução totais para cada sistema.

**Tabela 5 – Tempo de execução anual.**

| Sistema          | Tempo execução por identificação | Tempo execução total (horas) |
|------------------|----------------------------------|------------------------------|
| VITEK® 2         | 12 horas                         | 120.000                      |
| MALDI Biotyper®  | 5 minutos (0,083 horas)          | 833                          |
| <b>Diferença</b> | <b>–</b>                         | <b>119.167</b>               |

Para alargar a análise, foi também considerada a variação do volume anual de identificações. Foram simulados três cenários: 9.500, 10.000 e 10.500 identificações por ano. A Tabela 6 apresenta os custos totais para cada sistema em função do volume de trabalho.

**Tabela 6 – Custo total por volume de identificações.**

| Volume anual | VITEK® 2 (12,15€/teste) | MALDI Biotyper® (renda fixa + técnico) | Diferença |
|--------------|-------------------------|--|-----------|
| 9.500        | 115.425€                | 40.285€                                | 75.140€   |
| 10.000       | 121.500€                | 41.500€                                | 80.000€   |
| 10.500       | 127.575€                | 42.715€                                | 84.860€   |

Os resultados demonstram que, mesmo com variações no volume anual de trabalho, o sistema MALDI Biotyper® mantém uma vantagem económica considerável. A diferença de custo aumenta proporcionalmente com o número de identificações, dado que o custo por teste do VITEK® 2 é linear, enquanto o custo fixo do MALDI Biotyper® se dilui com o aumento do volume.

Por fim, foi calculado o custo médio por hora de execução para cada sistema. No caso do VITEK® 2, o custo total anual (121.500€) dividido pelo tempo de execução total (120.000 horas) resulta num custo médio de 1,01€/hora. Para o MALDI Biotyper®, o custo anual (41.500€) dividido por 833 horas resulta num custo médio de 49,81€/hora. A Tabela 7 apresenta esta relação.

**Tabela 7 – Custo médio por hora de execução.**

| Sistema         | Custo anual total | Tempo execução total (horas) | Custo médio por hora |
|-----------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| VITEK® 2        | 121.500€          | 120.000                      | 1,01€/hora           |
| MALDI Biotyper® | 41.500€           | 833                          | 49,81€/hora          |

Importa mais uma vez salientar que os resultados expostos não incluem os custos de manutenção dos equipamentos nem os encargos associados à formação dos profissionais, uma vez que, no contexto deste laboratório, tais serviços foram disponibilizados gratuitamente pelas empresas fornecedoras das tecnologias.

Para quantificar o impacto clínico e económico do tempo de resposta dos sistemas de identificação microbiológica, foi realizada uma estimativa do custo adicional associado ao atraso no diagnóstico gerado pelo sistema VITEK® 2, em comparação com o MALDI Biotyper®.

O custo médio de um dia de internamento hospitalar em Portugal, em 2025, situa-se entre 200€ e 300€, tendo sido considerado, para efeitos de cálculo, o valor de 300€. O sistema VITEK® 2 apresenta um tempo médio de execução de 12 horas por teste, enquanto o MALDI Biotyper® permite obter resultados em cerca de 5 minutos. Esta diferença representa um atraso de aproximadamente 12 horas por identificação, o que pode corresponder a meio dia adicional de internamento por paciente.

Assumindo que cada teste está associado a um episódio clínico com potencial impacto na decisão terapêutica, e considerando um volume anual de 10.000 identificações, estima-se que o custo adicional anual decorrente do atraso no diagnóstico seja de 1.500.000€. Este valor resulta da multiplicação do número de testes (10.000) pelo custo adicional por paciente (150€), correspondente a meio dia de internamento hospitalar. Trata-se de um encargo potencial significativo para o sistema de saúde, reforçando a importância da adoção de tecnologias que permitam uma identificação microbiológica mais célere e eficaz.

**Tabela 8** – Estimativa de custo adicional por atraso no diagnóstico.

| Parâmetro                                 | Valor      |
|---|------------|
| Tempo adicional de internamento por teste | 0,5 dias   |
| Custo por dia de internamento             | 300€       |
| Custo adicional por teste                 | 150€       |
| Volume anual de testes                    | 10.000     |
| Custo adicional anual estimado            | 1.500.000€ |

#### 4. Discussão

A análise de custo-eficácia é uma metodologia crucial para a tomada de decisões em saúde, pois permite que os gestores de unidades de saúde avaliem o valor de uma intervenção, não apenas com base nos custos, mas também nos benefícios gerados. No que diz respeito ao laboratório clínico de microbiologia, a análise de custo-eficácia entre diferentes métodos de diagnóstico microbiológico é essencial, pois a implementação de tecnologias deve ser justificada não apenas pela sustentabilidade financeira da instituição de saúde, mas também pelos ganhos clínicos.

Neste contexto, a análise de custo-eficácia deve considerar diversos fatores, como o custo inicial de aquisição dos equipamentos, os custos operacionais associados a cada tecnologia (reagentes, manutenção, formação do pessoal), o tempo de resposta para o diagnóstico e, claro, a precisão dos resultados. A eficiência no diagnóstico pode impactar diretamente na gestão dos doentes e na utilização de recursos hospitalares, resultando em possíveis economias no tratamento e nos tempos de internamento.

A melhoria na precisão e a redução no tempo de diagnóstico podem resultar num retorno sobre o investimento positivo a médio e longo prazo, especialmente em unidades de saúde com elevada demanda diagnóstica. Esses benefícios refletem-se em melhores resultados clínicos, menores custos com tratamentos mais prolongados e, conseqüentemente, menor tempo de internamento.

A eficácia dos métodos de identificação microbiológica tem implicações clínicas e económicas significativas, particularmente no contexto hospitalar. O sistema VITEK® 2, caracterizado por um tempo de resposta mais prolongado, pode comprometer a celeridade do diagnóstico microbiológico, resultando em atrasos na implementação da terapêutica antimicrobiana dirigida. Esta morosidade diagnóstica está associada a um aumento da probabilidade de complicações clínicas, exigindo frequentemente intervenções terapêuticas mais agressivas e prolongando o tempo de hospitalização, o que acarreta custos acrescidos para os serviços de saúde.

Adicionalmente, a demora na identificação do agente etiológico pode induzir à prescrição empírica de antibióticos de largo espectro, prática que favorece o desenvolvimento e disseminação de fenómenos de resistência antimicrobiana. A emergência de estirpes multirresistentes não só dificulta o tratamento eficaz das infeções, como também implica um encargo económico substancial, dada a necessidade de fármacos mais dispendiosos e de maior vigilância clínica.

Por outro lado, o prolongamento do tempo diagnóstico pode contribuir para a sobrecarga dos recursos hospitalares, aumentando o risco de transmissão cruzada de agentes patogénicos entre pacientes, especialmente em ambientes de cuidados intensivos ou em enfermarias com elevada rotatividade.

Em contraste, o sistema MALDI Biotyper®, que recorre à espectrometria de massa para identificação rápida de microrganismos, permite uma intervenção clínica mais célere. A rapidez na obtenção de resultados microbiológicos possibilita a instauração precoce de terapêutica dirigida, reduzindo o tempo de internamento e melhorando os prognósticos clínicos, sobretudo em casos de infeções graves ou em doentes imunocomprometidos.

A diminuição do tempo de hospitalização traduz-se numa redução significativa dos custos associados à permanência hospitalar, incluindo alimentação, medicação, recursos humanos e materiais. Além disso, a identificação precoce do agente infeccioso contribui para a prevenção de complicações decorrentes de terapêuticas inadequadas e limita a propagação de infeções nosocomiais, promovendo um ambiente clínico mais seguro e eficiente.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam diferenças marcantes entre os sistemas VITEK® 2 e MALDI Biotyper®, tanto ao nível dos custos diretos e indiretos como dos tempos operacionais. A análise comparativa revela que o sistema MALDI Biotyper® apresenta uma vantagem económica e operacional significativa, o que levanta questões relevantes sobre a racionalização de recursos laboratoriais e a modernização tecnológica dos serviços de microbiologia clínica.

A primeira dimensão analisada foi o custo por identificação. O sistema VITEK® 2 apresenta um custo unitário de 12,15€, enquanto o sistema MALDI Biotyper® se situa nos 4,15€, o que representa uma diferença absoluta de 8,00€ por teste. Esta disparidade é consistente com os resultados apresentados por Bizzini et al. [10], que destacam o impacto económico dos consumíveis em sistemas baseados em reagentes proprietários. Patel et al. [11] reforçam esta ideia ao referirem que, em laboratórios com elevado volume de amostras, os custos acumulados do VITEK® 2 podem tornar-se significativos, especialmente na ausência de contratos de fornecimento vantajosos.

Por contraste, o MALDI Biotyper® assenta numa lógica de custo fixo, com uma renda mensal que se dilui progressivamente à medida que aumenta o número de identificações realizadas. Singhal et al. [12] e Croxatto et al. [13] demonstraram que este modelo é mais sustentável em contextos laboratoriais de grande escala, sendo particularmente vantajoso em instituições com elevada rotatividade de amostras. Clark et al. [14] acrescentam que, para volumes superiores a 8.000 identificações anuais, o MALDI Biotyper® tende a ser mais económico do que os sistemas baseados em reagentes, mesmo quando se consideram custos de manutenção e formação.

A composição percentual dos custos por identificação reforça esta tendência. No sistema VITEK® 2, o custo técnico representa 3,3% do total, enquanto no MALDI Biotyper® representa apenas 1,7%. Embora ambos os valores sejam baixos em termos relativos, van Belkum et al. [15] sublinham que, em ambientes

laboratoriais com elevada carga de trabalho, pequenas variações percentuais podem traduzir-se em economias significativas. Böhme et al. [16] referem ainda que o custo técnico está diretamente associado à eficiência do fluxo de trabalho, sendo um indicador indireto da carga operacional imposta aos profissionais.

A segunda dimensão analisada foi o tempo técnico despendido por identificação. O sistema VITEK® 2 exige, em média, 3 minutos de intervenção por parte do técnico, enquanto o MALDI Biotyper® requer apenas 0,5 minutos. Esta diferença representa, num cenário de 10.000 identificações anuais, uma redução de 416,7 horas de trabalho técnico. Seng et al. [17] demonstraram que a automatização parcial do processo de preparação da amostra no MALDI Biotyper® contribui para a padronização dos procedimentos, reduzindo a variabilidade interpessoal e o risco de erro humano. Florio et al. [18] acrescentam que a redução do tempo técnico está associada a uma melhoria da produtividade e da satisfação dos profissionais, especialmente em laboratórios hospitalares com elevada pressão assistencial.

A terceira dimensão analisada foi o tempo de execução dos sistemas, entendido como o intervalo entre a introdução da amostra e a obtenção do resultado. O sistema VITEK® 2 apresenta uma duração média de 12 horas por identificação, enquanto o MALDI Biotyper® permite obter resultados em cerca de 5 minutos. Esta diferença de mais de 11 horas por teste tem implicações operacionais e clínicas profundas. Welker et al. [19] referem que a rapidez na entrega dos resultados microbiológicos é um fator determinante na gestão de infeções agudas, permitindo uma resposta mais célere e eficaz por parte das equipas clínicas.

Cherkaoui et al. [20] demonstraram que a utilização do MALDI Biotyper® permite reduzir significativamente o tempo de espera para resultados preliminares, o que pode influenciar diretamente a escolha da terapêutica antimicrobiana. Idelevich et al. [21] reforçam esta ideia ao mostrar que a identificação rápida está associada à diminuição da mortalidade hospitalar, da duração da hospitalização e do uso empírico de antibióticos de largo espectro.

A análise da variação do volume anual de identificações reforça a vantagem económica do MALDI Biotyper®. Mesmo em cenários de menor atividade (9.500 identificações por ano), o sistema continua a apresentar uma poupança superior a 75.000€ em relação ao VITEK® 2. Tan et al. [22] destacam que esta estabilidade do custo por teste, independentemente do volume, é uma característica distintiva dos sistemas baseados em renda fixa, sendo valorizada em estudos de planeamento estratégico de laboratórios.

A análise do custo médio por hora de execução revelou um contraste adicional. O sistema VITEK® 2 apresenta um custo médio de 1,01€/hora, enquanto o MALDI Biotyper® apresenta um custo de 49,81€/hora. Ferreira et al. [23] interpretam esta diferença como reflexo da intensidade tecnológica do MALDI Biotyper®, cuja concentração de custo num intervalo temporal muito curto é compensada pela rapidez e pela qualidade dos resultados.

Uma dimensão adicional que merece destaque é a importância clínica da obtenção rápida de resultados preliminares de identificação microbiana. Angeletti [24] sublinha que a capacidade de fornecer uma identificação fiável em minutos tem implicações diretas na decisão clínica inicial, particularmente em contextos de infeção aguda, septicemia ou suspeita de agentes multirresistentes. Dauwalder et al. [25] demonstraram que a disponibilização precoce de resultados microbiológicos permite uma orientação mais precisa da terapêutica empírica, reduzindo a exposição desnecessária a antibióticos de largo espectro e promovendo uma abordagem mais dirigida.

Este impacto é especialmente relevante no âmbito dos programas de *stewardship* antimicrobiano, que visam otimizar o uso de antibióticos, melhorar os resultados clínicos e reduzir a emergência de resistências. Estudos recentes indicam que a integração de sistemas de identificação rápida como o MALDI Biotyper® está associada à melhoria dos indicadores de *stewardship*, incluindo a redução do tempo até à descalção terapêutica, a diminuição da duração da antibioterapia e a melhoria da adequação da prescrição [25].

## 5. Conclusão

Este estudo permitiu realizar uma análise comparativa aprofundada entre dois sistemas automatizados de identificação microbiana amplamente utilizados em microbiologia clínica. Através de uma abordagem quantitativa e descritiva, foram examinadas as implicações económicas e operacionais da utilização do VITEK® 2 e do MALDI Biotyper®, com especial enfoque na relação custo-eficácia. Os dados obtidos demonstraram que o MALDI Biotyper® apresenta vantagens significativas em múltiplas dimensões, desde os custos diretos por teste até à eficiência dos fluxos laboratoriais.

A análise revelou que o modelo de funcionamento do MALDI Biotyper®, baseado numa estrutura de custo fixo e numa elevada rapidez de execução, permite uma gestão mais racional dos recursos laboratoriais. A redução do tempo técnico necessário por identificação traduz-se numa menor sobrecarga para os profissionais, promovendo uma melhor alocação do tempo e das competências. Por sua vez, a celeridade na obtenção dos resultados microbiológicos posiciona este sistema como uma ferramenta estratégica para laboratórios que operam em ambientes clínicos exigentes, onde a rapidez na resposta pode ter impacto direto na conduta terapêutica.

A dimensão clínica da identificação microbiana precoce foi também evidenciada ao longo do estudo. A capacidade de fornecer resultados em tempo útil contribui para uma tomada de decisão mais informada, permitindo ajustar a terapêutica antimicrobiana de forma mais precisa e segura. Esta característica é particularmente relevante no contexto dos programas de gestão racional de antibióticos, que visam melhorar os resultados clínicos, reduzir a exposição desnecessária a antimicrobianos e conter o avanço da resistência microbiana.

Embora ambos os sistemas apresentem fiabilidade na identificação de agentes patogénicos, o MALDI Biotyper® destaca-se pela sua eficiência global, tanto em termos económicos como operacionais. A sua implementação representa uma oportunidade de modernização tecnológica, com benefícios que se estendem para além do laboratório, influenciando positivamente a prática clínica e a gestão hospitalar. A escolha entre tecnologias deve, contudo, ser ponderada em função das necessidades específicas de cada instituição, do perfil epidemiológico local e dos objetivos estratégicos definidos.

Em síntese, os resultados obtidos sustentam a conclusão de que o MALDI Biotyper® constitui uma solução mais custo-eficaz e mais adaptada às exigências contemporâneas da microbiologia clínica. A sua adoção pode contribuir para uma melhoria significativa da qualidade dos serviços laboratoriais, promovendo simultaneamente a sustentabilidade económica e a excelência assistencial.

## Referências Bibliográficas

1. Guo L, Ye L, Zhao Q, et al. Comparative Study of MALDI-TOF MS and VITEK 2 in Bacteria Identification. *Journal of Thoracic Disease*. 2014;6(5):534–8. doi:10.3978/j.issn.2072-1439.2014.02.18.
2. Dubois D, Grare M, Prere MF, et al. Performances of the VITEK MS Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry System for Rapid Identification of Bacteria. *Journal of Clinical Microbiology*. 2012;50(8):2568–76. doi:10.1128/JCM.00343-12.
3. Lévesque S, Dufresne PJ, Soualhine H, et al. A Side by Side Comparison of Bruker Biotyper and VITEK MS. *PloS One*. 2015;10(12):e0144878. doi:10.1371/journal.pone.0144878.
4. Jamal W, Albert MJ, Rotimi VO. Real-Time Comparative Evaluation of bioMérieux VITEK MS Versus Bruker Microflex MS. *BMC Microbiology*. 2014;14:289. doi:10.1186/s12866-014-0289-0.
5. van Veen SQ, Claas EC, Kuijper EJ. High-Throughput Identification of Bacteria and Yeast by MALDI-TOF MS. *Journal of Clinical Microbiology*. 2010;48(3):900–7. doi:10.1128/JCM.02071-09.
6. Tran A, Alby K, Kerr A, Jones M, Gilligan PH. Cost Savings Realized by Implementation of Routine Microbiological Identification by MALDI-TOF MS. *Journal of Clinical Microbiology*. 2015;53(8):2473–9. doi:10.1128/JCM.00833-15.
7. Tan KE, Ellis BC, Lee R, et al. Prospective Evaluation of a MALDI-TOF MS System in a Hospital Laboratory. *Journal of Clinical Microbiology*. 2012;50(10):3301–8. doi:10.1128/JCM.01405-12.
8. Ge MC, Kuo AJ, Liu KL, et al. Routine Identification of Microorganisms by MALDI-TOF MS: Economic and Clinical Outcomes. *Journal of Microbiology, Immunology, and Infection*. 2017;50(5):662–668. doi:10.1016/j.jmii.2016.06.002.
9. Bilecen K, Yaman G, Ciftci U, Laleli YR. Performances and Reliability of Bruker Microflex LT and VITEK MS for Microorganism Identification. *BioMed Research International*. 2015;2015:516410. doi:10.1155/2015/516410.
10. Bizzini A, Greub G. Matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry: a revolution in clinical microbial identification. *Clin Microbiol Infect*. 2010;16(11):1614–1619. doi:10.1111/j.1469-0691.2010.03311.x.
11. Patel R. MALDI-TOF MS for the diagnosis of infectious diseases. *Clin Chem*. 2013;59(7):100–111. doi:10.1373/clinchem.2012.193458.
12. Singhal N, Kumar M, Kanaujia PK, Viridi JS. MALDI-TOF mass spectrometry: an emerging technology for microbial identification and diagnosis. *Front Microbiol*. 2015;6:791. doi:10.3389/fmicb.2015.00791.
13. Croxatto A, Prod'hom G, Greub G. Applications of MALDI-TOF mass spectrometry in clinical diagnostic microbiology. *FEMS Microbiol Rev*. 2012;36(2):380–407. doi:10.1111/j.1574-6976.2011.00298.x.

14. Clark AE, Kaleta EJ, Arora A, Wolk DM. Matrix-assisted laser desorption ionization–time of flight mass spectrometry: a fundamental shift in the routine practice of clinical microbiology. *Clin Microbiol Rev.* 2013;26(3):547–603. doi:10.1128/CMR.00072-12.
15. van Belkum A, Welker M, Pincus D, Charrier JP, Girard V. Progress in proteomics for clinical microbiology: MALDI-TOF mass spectrometry for microbial species identification and more. *Expert Rev Proteomics.* 2017;14(2):157–168. doi:10.1080/14789450.2017.1282824.
16. Böhme K, Morandi S, Cremonesi P, et al. Application of MALDI-TOF MS for the identification of foodborne bacteria. *Food Microbiol.* 2012;32(1):1–9. doi:10.1016/j.fm.2012.04.008.
17. Seng P, Drancourt M, Gouriet F, et al. Ongoing revolution in bacteriology: routine identification of bacteria by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry. *Clin Infect Dis.* 2009;49(4):543–551. doi:10.1086/600885.
18. Florio W, Tavanti A, Ghelardi E, et al. Detection of antibiotic resistance by MALDI-TOF mass spectrometry: an expanding area. *Front Cell Infect Microbiol.* 2020;10:616. doi:10.3389/fcimb.2020.00616.
19. Welker M, Moore ERB. Applications of whole-cell matrix-assisted laser-desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry in systematic microbiology. *Syst Appl Microbiol.* 2011;34(1):2–11. doi:10.1016/j.syapm.2010.11.013.
20. Cherkaoui A, Hibbs J, Emonet S, et al. Comparison of two matrix-assisted laser desorption ionization–time of flight mass spectrometry methods with conventional phenotypic identification for routine identification of bacteria to the species level. *J Clin Microbiol.* 2010;48(4):1169–1175. doi:10.1128/JCM.01881-09.
21. Idelevich EA, Sparbier K, Kostrzewa M, Becker K. Rapid detection of antibiotic resistance by MALDI-TOF mass spectrometry using a novel direct-on-target microdroplet growth assay. *Clin Microbiol Infect.* 2017;24(7):738–743. doi:10.1016/j.cmi.2017.09.009.
22. Tan KE, Ellis BC, Lee R, et al. Prospective evaluation of a matrix-assisted laser desorption ionization–time of flight mass spectrometry system in a hospital clinical microbiology laboratory for identification of bacteria and yeasts: a bench-by-bench study for assessing the impact on time to identification and cost-effectiveness. *J Clin Microbiol.* 2012;50(10):3301–3308. doi:10.1128/JCM.01405-12.
23. Ferreira L, Sánchez-Juanes F, Muñoz-Bellido JL, et al. Microorganisms direct identification from positive blood cultures by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry. *Clin Microbiol Infect.* 2011;17(4):546–551. doi:10.1111/j.1469-0691.2010.03258.x.

24. Angeletti S. Matrix-assisted laser desorption time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) in clinical microbiology. *J Microbiol Methods*. 2017;138:20–29. doi:10.1016/j.mimet.2016.09.003.
25. Dauwalder O, Landrieve L, Laurent F, et al. Does MALDI-TOF MS reduce time to appropriate antimicrobial therapy? A retrospective study in a French teaching hospital. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2016;35(5):755–762. doi:10.1007/s10096-016-2584-4.

**P.PORTO**

ESCOLA  
SUPERIOR  
DE SAÚDE



**M**

**MESTRADO**

GESTÃO DAS ORGANIZAÇÕES – RAMO GESTÃO DE UNIDADES DE SAÚDE