

Gustavo Oliveira Gonçalves

*LEAN HEALTHCARE: IMPLANTAÇÃO DA FILOSOFIA ENXUTA NAS
DOSAGENS LABORATORIAIS DE GASOMETRIAS EM UM HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO DE ALTA COMPLEXIDADE*

Universidade Federal de Minas Gerais
Programa de Pós-Graduação em Patologia
Belo Horizonte – MG
2016

Gustavo Oliveira Gonçalves

*LEAN HEALTHCARE: IMPLANTAÇÃO DA FILOSOFIA ENXUTA NAS
DOSAGENS LABORATORIAIS DE GASOMETRIAS EM UM HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO DE ALTA COMPLEXIDADE*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Patologia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Patologia.

Área de concentração: Patologia Investigativa

Linha de Pesquisa: Patologia Clínica

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Souza Vasconcellos

Belo Horizonte – MG
2016

Gonçalves, Gustavo Oliveira.

G643 Lean Healthcare [manuscrito]: implantação da filosofia enxuta nas dosagens laboratoriais de gasometrias em um Hospital Universitário de Alta Complexidade. / Gustavo Oliveira Gonçalves. - - Belo Horizonte: 2016.

78f.: il.

Orientador (a): Leonardo de Souza Vasconcellos.

Área de concentração: Patologia Investigativa.

Dissertação (mestrado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Gasometria. 2. Serviços de Atendimento. 3. Manejo de Espécimes. 4. Investigação Laboratorial. 5. Laboratórios Hospitalares. 6. Sistemas de Informação em Saúde. 7. Dissertações Acadêmicas. I. Vasconcellos, Leonardo de Souza. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. III. Título.

NLM: QV 737

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PATOLOGIA

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

LEAN HEALTHCARE: IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DA FILOSOFIA ENXUTA NA REALIZAÇÃO DE GASOMETRIAS EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DE ALTA COMPLEXIDADE

GUSTAVO OLIVEIRA GONÇALVES

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em PATOLOGIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em PATOLOGIA, área de concentração PATOLOGIA INVESTIGATIVA.

Aprovada em 29 de abril de 2016, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Leonardo de Souza Vasconcelos – Orientador
UFMG

Prof. Jordana Grazieta Alves Coelho dos Reis
Fundação Getúlio Vargas

Prof. Luciana de Góes Viana
UFMG

Belo Horizonte, 29 de abril de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitor: Prof. Dr. Jaime Arturo Ramírez

Vice-reitora: Profa. Dra. Sandra Regina Goulart Almeida

Pró-reitor de Pós-graduação: Prof. Dr. Rodrigo Antônio de Paiva Duarte

Pró-reitora de Pesquisa: Profa. Dra. Adelina Martha dos Reis

FACULDADE DE MEDICINA

Diretor: Prof. Dr. Tarcizo Afonso Nunes

Vice-diretor: Prof. Dr. Humberto José Alves

Coordenador Geral do Centro de Pós-graduação: Prof. Dr. Luiz Armando Cunha de Marco

Coordenador do Programa de Pós-graduação em Patologia: Prof. Dr. Wagner Luiz Tafuri

Colegiado de Pós-graduação em Patologia:

Prof. Dr. Wagner Luiz Tafuri

Prof. Dr. Geovanni Dantas Cassali

Profa. Dra. Rosa Maria Esteves Arantes

Prof. Dr. Pedro Guatimosim Vidigal

Profa. Dra. Tatiane Alves da Paixão

Luciana Xavier Pereira (Representante discente)

Este trabalho foi desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Patologia Clínica/Medicina Laboratorial da Universidade Federal de Minas Gerais (GPPCML/CNPq).

AGRADECIMENTOS

À Deus, que é o criador e desenvolvedor da ciência maior, fortaleza e segurança em todos os momentos.

Aos meus pais, Amélia e Joubert, por demonstrarem o grande valor da educação na vida das pessoas.

À minha irmã, Fabiana, que sempre ficou na torcida por minha formação acadêmica e sucesso profissional.

Ao Prof. Dr. Leonardo de Souza Vasconcellos, exemplo de mestre, pelo incentivo, orientação e participação ativa desde o processo seletivo até o *grand finale*.

À Dra. Myriam pelo *start*, idealização do projeto e apoio nos ajustes finais para concretização deste sonho. Por ajudar a pensar e planejar especialmente quando há ansiedade inerente à diferença de gerações.

Aos colegas do Serviço de Medicina Laboratorial do HC/UFMG, pela companhia, envolvimento e participação durante as madrugadas, manhãs e noites de acompanhamento do processo da gasometria.

Ao Gustavo Alvarenga, companheiro, motivador e por entender as ausências ao longo deste projeto de vida.

Por fim, aos meus queridos alunos, que são o foco deste processo inicial para atuação acadêmica.

RESUMO

O tempo de atendimento total (TAT) das gasometrias deve ser monitorado pelos laboratórios clínicos, pois influencia diretamente a viabilidade da amostra e a segurança assistencial ao paciente. Segundo a literatura, o intervalo entre a coleta e a liberação do resultado deve ser de até 20 minutos. Entretanto, na prática, nem sempre é possível atingir essa meta. Este trabalho teve como objetivo principal avaliar o impacto da implantação da filosofia *Lean Healthcare* – Saúde Enxuta – na realização de gasometrias no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da UFMG. Conforme a metodologia D.M.A.I.C. – *Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar*, foi mapeado o processo de realização de gasometrias de rotina (80%) e urgência (20%) realizadas no serviço, através da observação de 242 amostras, da solicitação até a liberação dos resultados. Foi medido o TAT dos seguintes intervalos: entre a solicitação e a coleta (T1), entre a coleta e a entrega da amostra no setor técnico (T2), entre a entrega e o processamento no equipamento de gasometria (T3) e entre o processamento até a liberação do resultado (T4). Os tempos médios dos intervalos T1, T2, T3 e T4 foram, respectivamente: 30'38", 19'36", 11'34", 29'38". Uma pesquisa de satisfação interna em relação ao exame de gasometria foi conduzida com 40 médicos das Unidades de Terapia Intensiva do HC/UFMG. Segundo os entrevistados, o tempo de coleta das gasometrias da rotina agradou 73%, ao contrário do tempo da urgência, apenas 43%. Embora observado 85% de confiabilidade dos resultados, 70% criticou o tempo de liberação dos mesmos. A estabilidade das amostras foi verificada, comparando-se os resultados dos parâmetros (pH, PO₂, PCO₂, lactato, hematócrito, sódio, potássio, cálcio e glicose) medidos nas gasometrias processadas em diferentes intervalos de tempo. Não houve diferença significativa entre os resultados das gasometrias quando processadas até 60 minutos após coleta. Critérios de autoverificação de resultados da gasometria foram criados e implantados no Sistema de Informação Laboratorial (SIL) e no *middleware*, levando a uma redução de 26,5% na liberação manual de resultados. Pesquisou-se ainda o desempenho de um teste laboratorial remoto (TRL) para gasometria em relação ao equipamento padrão, cujos resultados demonstraram boa correlação analítica, além da redução de 68% do TAT. Grupos de trabalho foram criados para definição das intervenções e mudanças necessárias. Diversas intervenções nos processos das gasometrias com foco no TAT foram propostas, visando redução dos desperdícios. Concluindo, foi possível otimizar as etapas pré-analíticas, analíticas e pós-analíticas e reduzir o tempo de entrega dos resultados das gasometrias no serviço, por meio de intervenções e mudanças nos processos de trabalho, seguindo os princípios da filosofia *Lean Healthcare*.

Palavras-chave: Gasometria, Saúde Enxuta, Tempo de Atendimento Total, Estabilidade da Amostra, Autoverificação, Teste Laboratorial Remoto, Laboratórios Hospitalares, Sistema de Informação em Laboratório Clínico.

ABSTRACT

Blood gas analysis turn around time (TAT) should be monitored by laboratories, because it is critical for sample quality and patient safety. Published papers describes these results should be released within 20 minutes. However, in practice, achieve this goal is not always possible. This study aimed to assess the impact of the implementation of Lean Healthcare philosophy in performing blood gas analysis in Laboratory Medicine Service of The Clinical Hospital of Federal University of Minas Gerais. As described in D.M.A.I.C. methodology: Define, Measure, Analyze, Improve and Control, the routine (80%) and urgency (20%) blood gas analysis tests were mapped by following 242 samples from order to results reporting. TAT was measured from order to draw (T1), draw to receipt (T2), receipt to process (T3) and process to reporting (T4). The average times of the intervals T1, T2, T3 and T4 were: 30'38", 19'36", 11'34" and 29'38" respectively. An internal satisfaction survey regarding blood gas analysis was conducted with 40 physicians in Intensive Care Units. According to respondents, routine and emergency blood gases collection times satisfied 73% and 43%, respectively. 85% trusts the results and 70% complain the total TAT. The stability of the samples was investigated comparing the measured parameters (pH, pO₂, pCO₂, lactate, hematocrit, sodium, potassium, calcium, and glucose) processed at different intervals after collection. There were no differences between results when samples were processed in less than one hour after draw. Autoverification criteria were defined and implemented in middleware and LIS, leading to a decrease of 26.5% in manual verification. It was also investigated the impact of a blood gas analyzer for hospital point-of-care testing. POCT decreased 68% of TAT. Working groups were created to define the interventions and necessary changes in labor processes. Several actions have been proposed to reduce TAT blood gas testing. In conclusion, it was possible to optimize the pre-analytical, analytical and post-analytical phases and reduce the blood gas analysis turnaround time, through interventions and changes in labor processes, following the Lean Healthcare philosophy.

Keywords: Blood Gas, Lean Healthcare, Turn Around Time, TAT, Sample Stability, Autoverification, POCT, Point of Care Testing, Hospital Laboratories, Laboratory Information System.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intervalos de referência, valores críticos e linearidades dos parâmetros dosados diretamente nos gasômetros do Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.	41
Tabela 2 - Intervalos de liberação automática e os critérios de retenção dos resultados de gasometria arterial adotados no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.	42
Tabela 3 - Tempo médio* dos quatro intervalos do processo laboratorial das gasometrias de rotina e urgência no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais	45
Tabela 4 - Distribuição da frequência do Tempo de Atendimento Total das amostras coletadas na rotina no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.....	46
Tabela 5 - Distribuição da frequência do Tempo de Atendimento Total das amostras coletadas na urgência no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.....	46
Tabela 6 – Quantitativo de gasometrias arteriais autoverificadas no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, no período de janeiro a março de 2016	53
Tabela 7 - Média dos resultados dos parâmetros da gasometria processadas em tempos de armazenamento distintos.....	56
Tabela 8 - Resultados dos parâmetros pH, PCO ₂ e pO ₂ dosados em gasometrias colhidas em tempos de armazenamento distintos	57
Tabela 9 - Comparação do desempenho analítico do equipamento TLR (epoc®) e do gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000) em 20 gasometrias arteriais testadas, no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais	60
Tabela 10 - Tempo médio* dos quatro intervalos do processo laboratorial das gasometrias processadas por TLR (epoc®) e equipamento padrão (GEM® Premier 4000), no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais...	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quantitativo de gasometrias processadas pelo Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, de 2012 a 2015.	38
Figura 2 - TAT total do intervalo entre solicitação médica das gasometrias de rotina e liberação do resultado no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (n=194).....	47
Figura 3 - TAT total do intervalo entre solicitação médica das gasometrias de urgência e liberação do resultado no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (n=48).....	47
Figura 4 - Comparação do intervalo de tempo entre a chegada da amostra no setor técnico e a liberação do resultado das gasometrias de rotina, em relação à meta do contrato de gestão entre Diretoria e o Serviço de Medicina Laboratorial do HC/UFMG (n=194).....	48
Figura 5 - Comparação do intervalo de tempo entre a chegada da amostra no setor técnico e a liberação do resultado das gasometrias de urgência, em relação à meta do contrato de gestão entre Diretoria e o Serviço de Medicina Laboratorial do HC/UFMG (n=48).....	48
Figura 6 - Desperdícios encontrados em cada etapa do processo laboratorial referente às dosagens das gasometrias no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. $T1$ = Intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra; $T2$ = Intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico; $T3$ = Intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro; $T4$ = Intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado.	49
Figura 7 - Resultados da pesquisa de satisfação do corpo clínico do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais em relação à dosagem laboratorial das gasometrias (n=40) (A) Satisfação em relação ao tempo de coleta das gasometrias solicitadas na Rotina(B) Satisfação em relação ao tempo de coleta das gasometrias solicitadas na Urgência; (C) Satisfação em relação ao tempo de liberação dos resultados; (D) Satisfação em relação à confiabilidade dos resultados.	50
Figura 8 - Proposta de ações para redução dos desperdícios encontrados em cada etapa do processo laboratorial referente à dosagem das gasometrias no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. $T1$ = Intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra; $T2$ =	

Intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico; $T3$ = Intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro; $T4$ = Intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado.	51
Figura 9 - Acompanhamento de execução das ações para redução dos desperdícios encontrados em cada etapa do processo laboratorial referente à dosagem das gasometrias no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. $T1$ = Intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra; $T2$ = Intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico; $T3$ = Intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro; $T4$ = Intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado.	52
Figura 10 - Percentual das gasometrias arteriais liberadas automaticamente no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, em fevereiro e março de 2016.....	53
Figura 11 - Comparação dos resultados das gasometrias dosadas após 20, 40 e 60 minutos após coleta (A- pH; B- pCO ₂ ; C- pO ₂ ; D- Sódio) no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.....	54
Figura 12 - Comparação dos resultados das gasometrias dosadas após 20, 40 e 60 minutos após coleta (A- Potássio; B- Cálcio; C- Glicose; D-Lactato; E- Hematócrito) no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais...	55
Figura 13 - Correlação entre os parâmetros (pH, pCO ₂ , pO ₂ e sódio) dosados no equipamento epoc® e no gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000), em 20 gasometrias arteriais testadas no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.....	58
Figura 14 - Correlação entre os parâmetros (potássio, cálcio, glicose, lactato e hematócrito) dosados no equipamento epoc® e no gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000), em 20 gasometrias arteriais testadas no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO ₂	gás carbônico
COEP	Comitê de Ética em Pesquisa
C _{va}	Coefficiente de variação analítica
dL	decilitro
DP	Desvio Padrão
ET _a	Erro total aceitável
FIO ₂	fração de oxigênio inspirado
FUNDEP	Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa
HC	Hospital das Clínicas
HCO ₃	bicarbonato
Hg	mercúrio
L	litro
mg	miligrama
mm	milímetro
mmol	milimol
n	número amostral
pCO ₂	pressão parcial de gás carbônico
pH	potencial de hidrogênio
pO ₂	pressão parcial de oxigênio
POCT	<i>point-of-care</i>
r	Coefficiente de correlação de Pearson
SO ₂	saturação de oxigênio
SML	Serviço de Medicina Laboratorial
SIL	Sistema de Informação Laboratorial
SUS	Sistema Único de Saúde
T1	intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra
T2	intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico
T3	intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro
T4	intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado
TAT	<i>Turn Around Time</i> ou Tempo de Atendimento Total
TLR	Teste Laboratorial Remoto
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE SÍMBOLOS

$\%$	porcentagem
$>$	maior
\geq	maior ou igual
$<$	menor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	OBJETIVOS.....	20
2.1	OBJETIVO GERAL.....	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	21
3.1	GESTÃO EM SAÚDE.....	21
3.2	GESTÃO POR PROCESSOS.....	22
3.2.1	Monitoramento do processo.....	23
3.3	PENSAMENTO ENXUTO.....	24
3.3.1	D.M.A.I.C.....	26
3.4	PENSAMENTO ENXUTO NA SAÚDE.....	27
3.5	GASOMETRIA.....	29
3.5.1	Fatores pré-analíticos.....	30
3.6	AÇÕES PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE LIBERAÇÃO DE RESULTADOS.....	34
3.6.1	Redesenho do processo.....	34
3.6.2	Implantação de teste laboratorial remoto ou <i>point-of-care</i>	35
3.6.3	Autoverificação dos resultados.....	35
3.7	SERVIÇO DE MEDICINA LABORATORIAL DO HOSPITAL DAS CLINICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS.....	36
3.7.1	Dosagem laboratorial das gasometrias no HC/UFMG.....	37
4	METODOLOGIA.....	39
4.1	ASPECTOS ÉTICOS.....	39
4.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	39
4.2.1	Mapeamento do processo da gasometria.....	39
4.2.2	Pesquisa de satisfação do corpo clínico.....	40
4.2.3	Definição de mudanças e melhorias no processo.....	41
4.2.4	Implantação e impacto da autoverificação dos resultados.....	41
4.2.5	Avaliação da estabilidade da amostra.....	43
4.2.6	Avaliação do desempenho de um equipamento de <i>point-of-care</i>	43
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	44
5.	RESULTADOS.....	45

5.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO DA GASOMETRIA	45
5.2 PESQUISA DE SATISFAÇÃO DO CORPO CLÍNICO	49
5.3 DEFINIÇÃO DE MUDANÇAS E MELHORIAS NO PROCESSO.....	50
5.3.1 Acompanhamento das alterações propostas	52
5.4 IMPLANTAÇÃO DA AUTOVERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS	53
5.5 PESQUISA DE ESTABILIDADE DAS AMOSTRAS DE GASOMETRIA.....	54
5.6 DESEMPENHO DO EQUIPAMENTO DE <i>POINT-OF-CARE</i>	58
6 DISCUSSÃO	61
7 CONCLUSÕES	69
8 PERSPECTIVAS FUTURAS	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXO A – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UFMG	77
ANEXO B – FORMULÁRIO DE PESQUISA DE SATISFAÇÃO.....	78

1 INTRODUÇÃO

A gasometria é uma análise laboratorial comumente solicitada em unidades hospitalares para avaliação das pressões dos gases ativos no sangue. Estas são consideradas essenciais para os pacientes em situações de urgência e emergência, pois é possível avaliar a condição respiratória (pH, pCO₂, pO₂, HCO₃, %SO₂); metabólica (glicose e lactato); eletrolítica (sódio, potássio, cloro, cálcio iônico) e eritrocítica (hematócrito) [1-3].

Alguns fatores podem interferir no resultado da gasometria, sendo normalmente classificados conforme a etapa do processo laboratorial: (1) pré-analítico, (2) analítico e (3) pós-analítico. A fase pré-analítica se refere às atividades que antecedem a análise laboratorial, dentre elas: seleção incorreta do anticoagulante, falta de homogeneização da amostra, coleta de amostra diferente da solicitada, identificação incorreta, volume insuficiente, conservação e transporte inadequados. Os erros da fase analítica estão relacionados à falta de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e a avaliação ineficaz do controle interno ou externo da qualidade. Erros na fase pós-analítica podem ser na transcrição dos resultados, falta de comunicação de valores críticos, interpretação inadequada, atraso do tempo de entrega dos resultados, dentre outros [4-8].

O tempo de liberação dos resultados de uma gasometria é importante e deve ser monitorado pelos laboratórios clínicos, pois influencia diretamente na segurança assistencial e na melhora do desempenho operacional das unidades assistenciais. O Tempo de Atendimento Total ou *Turn Around Time* (TAT) pode ser definido a partir da solicitação médica ou da chegada da amostra no local de análise. Outra questão importante está relacionada com a estabilidade da amostra biológica coletada. Vários autores já observaram que um tempo de armazenamento superior a 15-20 minutos à temperatura ambiente poderia alterar os parâmetros da gasometria, principalmente o pH e os gases sanguíneos (PO₂ e PCO₂) [2, 3, 9-13]. Entretanto, há autores que observaram estabilidade dos resultados em até 120 minutos após coleta [14-17].

Para otimização das atividades laboratoriais, pode-se utilizar diferentes estratégias, dentre elas o *Lean*. Também conhecido como pensamento enxuto, o *Lean* é derivado do Sistema Toyota de Produção e seu principal objetivo visa eliminação de desperdícios e o que não agrega valor

ao cliente. Essa filosofia pode ser aplicada a qualquer organização, como forma de melhoria dos processos. O *Lean*, associado a algumas ações e ferramentas de gestão, pode modificar o pensamento sistêmico e alcançar a melhoria de desempenho [18-24].

Segundo Pyzdec; Keller (2010) e Bertani (2012), a metodologia DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve e Control* é composta por cinco fases e tem por objetivos: definir um problema, medir a situação atual, analisar o que foi medido e desenvolver soluções, implementar tais soluções e controlar o que foi implementado. Na fase “definir” são identificados os clientes e suas necessidades; na fase “medir” são mensurados as performances analisadas; na fase “analisar” são verificadas as causas das principais falhas; na fase “melhorar” são analisadas as formas para eliminar as causas das falhas; e na fase “controlar” é verificado se as melhorias implementadas estão sob controle de forma a manter os benefícios alcançados [20, 25].

Nos últimos anos, os laboratórios clínicos, principalmente os vinculados aos Serviços de Saúde Pública, vêm enfrentando inúmeros desafios. Existe pressão crescente para redução de custos e aumento da eficiência. Os problemas mais frequentes são a limitação de recursos financeiros para investimento e modernização, infraestrutura inadequada, escassez de pessoal devidamente capacitado e aumento da demanda por exames laboratoriais.

Uma investigação prévia no Serviço de Medicina Laboratorial (SML) do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (HC/UFMG) verificou que o intervalo de tempo entre a solicitação de coleta e a entrega dos resultados das gasometrias realizadas foi de 98 ± 38 minutos. Já o intervalo de tempo entre a chegada da amostra no setor técnico e a liberação do resultado foi de 37 ± 27 minutos, bem acima dos 15 a 20 minutos referendados pela literatura, o que reforçou a necessidade de avaliação e tomada de ação para melhorias no HC/UFMG.

Intervenções e mudanças nos processos de trabalho, seguindo os princípios da filosofia *Lean Healthcare* no SML do HC/UFMG poderiam otimizar as etapas pré-analíticas, analíticas e pós-analíticas das gasometrias, reduzir o tempo de entrega dos resultados e aumentar a confiabilidade dos resultados e a segurança aos pacientes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a implantação da filosofia *Lean Healthcare* na realização de gasometrias no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear o processo laboratorial das gasometrias, definindo o tempo de atendimento total das etapas pré-analítica, analítica e pós-analítica;

- Pesquisar a satisfação do corpo clínico das Unidades de Terapia Intensiva do HC/UFMG, com relação ao exame de gasometria;

- Propor mudanças nas atividades dos processos da gasometria, reduzindo desperdícios com foco no tempo de atendimento total;

- Implantar a autoverificação dos resultados da gasometria e avaliar o percentual das amostras liberadas automaticamente;

- Avaliar a estabilidade das amostras de gasometria quando processadas após intervalos de armazenamento distintos;

- Comparar o desempenho de um equipamento de gasometria *point-of-care* com o equipamento de referência do serviço.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 GESTÃO EM SAÚDE

A gestão em saúde passa por diferentes perspectivas influenciadas por autores das teorias da administração. Segundo Trisolini (2002), pode-se dividir os modelos de gestão em saúde em cinco grandes grupos, sendo três historicamente conservadores ou tradicionais e dois considerados inovadores [26-28].

O primeiro modelo de gestão reforça a necessidade de criação de áreas funcionais organizadas de acordo com as atividades realizadas. Comunicação e Marketing, Gestão financeira, Recursos Humanos, Operacional e Sistemas de Informação. A organização é liderada por gerente que tem o papel de comandar cada área. O segundo modelo é aquele em que as tarefas são orientadoras da atividade, ou seja, as rotinas são definidas a partir do planejamento, implementação e avaliação dos mesmos. Já o terceiro modelo centraliza as ações no papel do gerente da área. [26, 29].

Ser conservador ou tradicional não é um problema, pois o grande desafio é pensar de forma sistêmica. Através do histórico de estudos baseados nestas teorias foi possível observar aspectos positivos e fatores a melhorar, inclusive com a criação de modelos de gestão considerados inovadores como a gestão pela qualidade total e a reengenharia. Apesar de estarem descritos há alguns anos, a aplicação da gestão pela qualidade total e reengenharia nos serviços de saúde é uma novidade. Estes modelos são mais complexos e merecem uma atenção especial dos gestores. Quando implementados, eles podem alcançar bons resultados assistenciais, melhor a qualidade e reduzir custos [26, 28, 30].

A gestão pela qualidade total pode ser definida como a gestão para melhoria de desempenho de toda organização a partir da definição de processos que, quando interligados, alcançam um resultado melhor. Diferentemente do modelo tradicional, este modelo não é baseado essencialmente em uma pessoa, mas no resultado da atividade realizada. As decisões são tomadas em equipe e os erros são utilizados como aprendizado [26, 28].

A reengenharia é uma mudança radical no pensamento sistêmico e na forma de organização de uma instituição. Este modelo traz essencialmente o repensar como forma de melhoria do desempenho com foco na qualidade, custo e tempo dispensado para alcance dos resultados. O envolvimento de todos, desde o planejamento estratégico até a realização das atividades operacionais, é o que garante o sucesso [26, 30].

3.2 GESTÃO POR PROCESSOS

As instituições são formadas por uma complexa combinação de recursos (humanos, infraestrutura, tecnologia, dentre outros) que são dependentes entre si e que possuem o mesmo objetivo: alcançar o resultado estratégico e atendimento da necessidade do cliente. A definição mais aceita e utilizada de gestão de processos é um conjunto de atividades que interligadas entre si alcançam um objetivo final. A organização desse conjunto de atividades pode afetar positivamente ou não no desempenho institucional [31-33].

Para alguns autores, as atividades que agregam valor são aquelas consideradas críticas e que devem dispensar maior tempo e força de trabalho para sua execução, pois os seus resultados produzem grande impacto para os clientes e falhas nesta atividade podem comprometer o desempenho de todo processo [24, 34].

Para o mapeamento dos processos, diferentes ferramentas podem ser utilizadas, visando o atendimento das necessidades do cliente, o alcance da estratégia organizacional e a interação entre cada atividade. Modelos atuais de gestão de processos trazem a necessidade de definição de macroprocessos, normalmente ligados à estratégia (missão, visão, objetivos estratégicos) e de subprocessos, normalmente ligados a níveis operacionais (atividades e tarefas setoriais). As relações entre os processos devem ser estabelecidas e registradas [34, 35].

O processo laboratorial é constituído basicamente por três etapas, de acordo com a atividade executada na rotina de trabalho. Estas são denominadas (1) pré-analítico, (2) analítico e (3) pós-analítico. A primeira etapa tem início antes mesmo da chegada do paciente ao laboratório e compreende atividades como: definição dos exames a serem realizados, orientações adequadas quanto ao preparo e coleta do material biológico, identificação do paciente, escolha do material para coleta, dentre outros. A segunda etapa está relacionada às questões analíticas,

ou seja, do processamento do material biológico, como por exemplo: metodologia empregada, manutenção de equipamentos, análise do controle interno e externo da qualidade. Por fim, a etapa pós-analítica compreende as atividades realizadas após o processamento, dentre elas: transcrição, análise e interpretação dos resultados [36-38].

3.2.1 Monitoramento do processo

O monitoramento do processo é uma etapa fundamental para controle das atividades, avaliação do desempenho e estabelecimento de ações corretivas (caso já tenha evidenciado um problema) ou ações preventivas (para que não tenha ocorrência de um problema). Diferentes ferramentas podem ser utilizadas neste controle, dentre elas: a realização de auditoria interna e externa com base em *check list* com requisitos já estabelecidos e o acompanhamento de indicadores de desempenho com análise estatística [39-42].

A auditoria é definida como um processo sistemático em que o auditor (responsável pela realização desta atividade) faz a análise crítica de um processo. Com base em um *check list* estabelecido em requisitos internos, legislação e normas de certificação, são avaliados o alcance de resultados e a aplicação prática do que foi estabelecido [39-41].

Os indicadores são dados numéricos, qualitativos ou quantitativos, que devem ser avaliados para monitoramento da eficiência (prazo e custo) e eficácia (qualidade) de um processo. O prazo refere-se ao tempo de execução de um processo, com avaliação de cada etapa. Custo são os recursos (pessoa, material, transporte) e por fim a qualidade é analisada sob perspectiva do cliente, especialmente no atendimento de suas necessidades e expectativas [43, 44].

No laboratório clínico, o tempo de entrega do resultado de um exame é monitorado habitualmente pelo TAT. Este é um indicador estratégico da qualidade e pode ser medido de várias formas: por teste, prioridade (urgência ou rotina), origem do paciente (ambulatorial, internado ou do pronto-atendimento) ou por etapas de processamento dos exames [10, 45, 46].

O monitoramento do TAT pode ser realizado com a definição do tempo total do processo, sob interferência de cada uma das etapas: pré-analítico, analítico e pós-analítico. No SML do HC/UFG, o TAT é monitorado a partir do momento em que a amostra é entregue ao setor técnico, por dificuldade no controle das etapas precedentes [16, 17, 47, 48].

3.3 PENSAMENTO ENXUTO

O *Lean* ou Pensamento Enxuto é uma metodologia de cinco passos com foco na melhoria contínua e resultados institucionais. O princípio é fazer mais com menos, não perdendo o foco que é o alcance dos requisitos e expectativas do cliente: a entrega do produto/serviço, no prazo esperado e na quantidade que precisa. Diferentemente da estratégia de vendas, em que é oferecido apenas o que a empresa já fornece, a proposta do *Lean* é ir além. O valor agregado do produto final é especificado pelo próprio cliente que consumirá ou não aquele produto [49, 50].

Na definição do processo institucional, é preciso levar em consideração atividades que agregam valor. Por outro lado, há atividades que não agregam valor, mas que são necessárias. O desafio dos gestores do processo é reduzir ao máximo tais atividades, não perdendo o foco da expectativa do cliente [51, 52].

O *Lean* tem suas raízes no Sistema Toyota de Produção em um momento de crise econômico-financeira e seus cinco passos são classificados como: (1) especificação do valor; (2) identificação da cadeia de valor; (3) estabelecimento do fluxo; (4) atendimento da necessidade do cliente; (5) excelência e perfeição [21, 49, 50].

A especificação do valor é uma etapa simples, pois trata-se da determinação a partir do ponto de vista do cliente, ou seja, a perspectiva de quem vai consumir o produto ou serviço. Para isto, é preciso conhecer o que o cliente quer e assim estabelecer o processo e resultados a serem entregues [20, 21, 49, 50].

A cadeia de valor é o conjunto de ações específicas e indispensáveis para a produção ou prestação de um serviço. É a definição desde a especificação do que é indispensável até a finalização do que será entregue ao cliente. Com o estabelecimento da cadeia de valor é

possível reduzir os desperdícios, pois o pensamento é o atendimento da necessidade do cliente, com retirada do que não agrega valor e manutenção do que realmente o cliente está disposto a consumir [53, 54].

O desperdício é tudo aquilo que não agrega valor e que precisa ser gerenciado. Para isto, é preciso identificá-los e eliminá-los do processo. Alguns autores fazem referência a sete principais desperdícios, sendo eles: (1) superprodução – produzir muito acima da demanda e em um ritmo mais acelerado, agravando todos os outros desperdícios; (2) tempo de espera prolongado – pessoas, bens ou equipamentos em espera desnecessária até a próxima atividade; (3) tempo gasto no transporte – movimento desnecessário em função da disposição física inadequada ou de instalações remotas; (4) excesso de processamento; (5) estoques desnecessários – falta de equilíbrio do estoque com a demanda, previsões incorretas e excesso de estocagem, podendo muitas vezes até gerar descarte de produtos; (6) movimentação e, (7) defeitos – geram retrabalho e descartes [50, 55].

A partir da definição do valor é preciso estabelecer o fluxo de trabalho ou linha de produção para entrega final do produto ou serviço. Esta é uma etapa crítica, pois o foco no que agrega valor e o que se tornou indispensável para produção deve ser mantido. Deve-se pensar de forma criteriosa no passo-a-passo para aperfeiçoar a linha de trabalho, que deve ser rápida e sem interrupção, mantendo um ciclo contínuo. Nesta etapa é preciso padronizar as atividades e capacitar os envolvidos. Alguns processos podem sofrer pequena variação, mas isto precisa ser gerenciado e controlado [30, 43, 51, 56].

O atendimento da necessidade do cliente será alcançado com mais facilidade a partir da definição do valor e estabelecimento dos fluxos de trabalho, podendo inclusive estabelecer novas mudanças no processo conforme demandas [21, 51].

Excelência e perfeição serão alcançadas a partir da maturidade institucional e do processo produtivo. Com o tempo, ações de melhorias e revisões no fluxo, especialmente com conscientização dos envolvidos no processo, fazem com que as modificações aconteçam naturalmente. Esse quinto passo é o que define um novo rumo institucional que trará o sucesso da estratégia [34, 55]

A implantação do pensamento *Lean* vai muito além do entendimento de cada um dos passos e aplicação das ferramentas utilizadas, mas de uma mudança da cultura institucional para envolvimento e comprometimento, especialmente da liderança. Os princípios e ferramentas são aplicáveis a uma variedade de processos e podem ser utilizados para enfrentar os problemas críticos, como: erros médicos, custos crescentes e escassez de pessoal [50, 57, 58].

3.3.1 D.M.A.I.C.

O D.M.A.I.C. é um ciclo de desenvolvimento de projetos de melhoria que tem a sua essência na estratégia *Seis Sigma*. Pode ser utilizado não só para redução de defeitos, mas também para aumento de produtividade, redução de custos, melhorias de processos, dentre outros [59-61].

As letras representam siglas das palavras *define* (definir), *measure* (medir), *analyze* (analisar), *improve* (melhorar) e *control* (controlar). Elas compõem um ciclo que tem início na definição do processo ou atividade que precisa ser revisada e, a partir de uma análise crítica é possível estabelecer ações de melhorias que serão controladas e analisadas para possível reorganização [59, 62].

Na etapa “definir” é preciso determinar o escopo do projeto (processo ou atividade), sempre com foco no cliente a partir da definição do desenho do mapa de processos. É preciso fazer um levantamento dos dados atuais do processo e identificar os problemas que são prioridades na etapa “medir”. Em seguida deve-se analisar criticamente os dados coletados, definir as causas dos problemas e quantificar a correlação das variáveis para que haja o estabelecimento de ações que proporcionarão alternativas para mudança dos processos. Por fim, deve-se garantir que o alcance da meta seja mantido em longo prazo, padronizar o que foi alterado e monitorar as variáveis críticas [59, 60].

O sucesso no desenvolvimento de um projeto baseado no D.M.A.I.C. está pautado na realização de todas as etapas de forma sistemática e disciplinada. Por ser considerado um modelo de gestão, este precisa ser monitorado continuamente e fazer parte da estratégia institucional [59-61].

3.4 PENSAMENTO ENXUTO NA SAÚDE

O pensamento enxuto tem a sua origem na indústria, mas não é uma ferramenta de gestão restrita à manufatura, podendo ser alvo de empresas de prestação de serviços. O princípio da redução de desperdícios e minimização dos erros do processo pode ser implantado em empresas de qualquer ramo. Na área da saúde, pode ser inclusive como estratégia para a segurança assistencial de hospitais, clínicas e laboratórios. A realização em unidades de emergência, pronto socorro e centros cirúrgicos tem sido relatada com maior frequência, talvez pela necessidade de aperfeiçoamento e agilidade nos resultados assistenciais [22, 24, 51, 55, 63].

Em instituições prestadoras de serviços de saúde, a aplicação *Lean* não é diferente de uma indústria. O que muda é que o cliente torna-se paciente e o produto que ele compra é assistência à saúde, mas a necessidade de especificação do valor sob a perspectiva dele, a definição da cadeia de valor, o fluxo das atividades, o envolvimento do paciente na busca de mudanças a partir de suas necessidades e o alcance da excelência são os mesmos. A maioria das melhorias exige pouco ou nenhum investimento e reduzem significativamente o tempo perdido dos trabalhadores da linha de frente [24, 49, 50].

Jimmerson; Weber; Sobek (2005) descreveram como ideias do pensamento enxuto adaptado à saúde como sendo: (1) exatamente aquilo que o paciente necessita, sem erros; (2) assistência customizada ao paciente; (3) quando pedido, exatamente como pedido; (4) resposta imediata a problemas ou mudanças; (5) desperdício zero, e (6) segurança física, emocional e profissional para pacientes, equipe médica e demais funcionários [50, 55, 56].

A aplicação do pensamento *Lean* envolve redesenhar o processo de atividades relacionadas e interdependentes, que visam atingir a necessidade do paciente. Há necessidade do envolvimento da liderança e dos que estão diretamente ligados à assistência. Estes devem fazer parte da definição do processo, avaliação e implantação de melhorias. O cuidado para simplificar a cadeia de valor também propicia a redução dos desperdícios [18, 50, 55].

Sistemas de melhoria de desempenho, por exemplo, o *Lean*, é uma forma de trabalho diferente das tradicionais. Envolve mudança de cultura e envolvimento de todos para obtenção de um resultado assistencial melhor [24, 49, 56].

Na literatura, muitos trabalhos da área da saúde demonstraram bons resultados após aplicação de ações baseadas no pensamento enxuto [18, 49, 64].

No *Virginia Mason Medical Center* (Seattle, Estados Unidos da América) houve redução do tempo médio de espera para início do tratamento de câncer de mama de 21 dias para 11 dias, diminuição do tempo de tratamento de 240 minutos para 90 minutos, redução do tempo de espera para primeira consulta de 15 para 7,5 dias e aumento de 50% da disponibilização de vagas para o ambulatório de gastroenterologia [56].

Nas unidades de terapia intensiva do *Intermountain Health Care* (Utah, Estados Unidos da América), houve redução do tempo de início do tratamento das novas prescrições de 4 horas para 12 minutos, redução do tempo para realização da glicose de 17 a 4 minutos para os pacientes em protocolo de insulina, diminuição dos atrasos no início do tratamento (de média 43 minutos a 10 minutos), melhoria na taxa de informações completas na prescrição (aumento de 60%) e melhorias no processo de faturamento, com economia de \$849.000/ano [50].

Na *University of Pittsburgh Medical Center - Centers for Rehab Services South Side Neuro & Ortho* (Pittsburgo, Estados Unidos da América) houve redução de 60% no tempo gasto na procura de medicamentos e redução de 85% do desabastecimento. [18].

No Hospital Regional do Vale do Paraíba (São Paulo, Brasil), ações baseadas no pensamento enxuto possibilitou uma redução de 14 minutos para 4 minutos do tempo de espera dos pacientes [48].

No laboratório clínico, as ações para redução dos desperdícios passam por diferentes perspectivas. Pensar em pensamento enxuto e laboratório é estabelecer mecanismos para análise das três etapas do macroprocesso: pré-analítico, analítico e pós-analítico [22, 45, 65].

O redesenho do processo dentro do laboratório clínico pode ser realizado baseado nos conceitos e princípios *Lean* conforme descrito por Yerian *et al* (2012). Os autores descrevem o estabelecimento de estações de trabalho com demarcação do local de circulação com foco na redução do tempo de deslocamento dentro dos setores, conseqüentemente na melhor utilização do colaborador em outras atividades [22, 45, 65].

Boelstler *et al* (2015) observaram que com o envolvimento da equipe do laboratório central e colaboradores do departamento de emergência de um hospital universitário com 115.000 atendimentos por ano foram essenciais para a redução do TAT das análises de troponina para menos de 60 minutos, antes da implantação das melhorias chegando a 117 minutos [14].

De acordo com o relato da experiência de Berlitz (2011) o redesenho de processos, aplicando conceitos do pensamento enxuto foi possível alcançar resultados significativos no laboratório clínico, dentre eles: melhoria da produtividade dos colaboradores em até 30%, melhorias na gestão de recursos e desburocratização dos processos, com foco em melhoria e revisões sistemáticas [46].

Hayes *et al* (2014) descreveram que com a mudança de processos, otimização e organização setorial é possível reduzir a quantidade de retrabalhos, aumento de produtividade, melhorias na ambiência e qualidade do trabalho [22].

3.5 GASOMETRIA

A gasometria é um teste laboratorial solicitado para avaliar a oxigenação e o equilíbrio ácido-base sanguíneos e normalmente é indicado quando há suspeita de problemas respiratórios, metabólicos, doenças renais ou pulmonares. Adicionalmente, podem ser solicitados outros exames como eletrólitos, glicose e lactato [66, 67].

O equilíbrio ácido-base expressa a integração das diferentes substâncias presentes (especialmente pH, $p\text{CO}_2$ e HCO_3), o sistema tampão e os mecanismos de regulação renal e respiratória. Na avaliação dos resultados de pH é possível determinar se há um quadro de acidose ($\text{pH} < 7,35$) ou alcalose ($\text{pH} > 7,45$). Para avaliar a existência e o grau de distúrbio respiratório relativo à eliminação de CO_2 , analisa-se a tensão parcial de dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$). A faixa de variação normal é 35 a 45 mmHg. Os valores de HCO_3 são derivados do resultado de pH e $p\text{CO}_2$. Na mesma amostra de sangue também é avaliado o valor da tensão parcial de oxigênio ($p\text{O}_2$) que reflete o estado de oxigenação do sangue (amostra arterial) ou da utilização pelos tecidos (amostra venosa) [3, 66, 67].

Os resultados das análises da gasometria estão diretamente relacionados à obtenção da amostra, portanto é necessário cuidado na escolha do material, local da punção, conservação e no transporte da amostra até o local de execução do teste [2, 4, 68].

3.5.1 Fatores pré-analíticos

A fase pré-analítica compreende as atividades desde a solicitação médica até a realização da análise. Por se tratar de um processo com ações manuais, a padronização e capacitação dos colaboradores envolvidos são essenciais para a segurança e confiabilidade dos resultados. Esta é uma etapa crítica, compreendendo o maior percentual de erro no laboratório clínico [4, 7, 58].

Estratégias para gestão de riscos precisam ser implantadas para minimizar a ocorrência de erros. No laboratório clínico, o gerenciamento ocorre com padronização das atividades críticas, dentre elas: identificação do paciente, escolha dos materiais utilizados na coleta, realização da punção de acordo com o tipo de amostra, conservação e transporte do material biológico [58, 69].

A identificação do paciente é ponto crucial para a segurança assistencial, pois é o início do processo. Erros de identificação podem impactar no resultado liberado e, conseqüentemente, nas decisões clínicas. A conferência dos dados, sempre que possível, com a participação ativa do paciente e a utilização de etiqueta de identificação com código de barras ou informação manual com no mínimo dois identificadores, como por exemplo, nome completo e número de prontuário/atendimento, pode minimizar as falhas de identificação [70, 71].

Além do nome do paciente, dados complementares como sexo, identificação do médico solicitante, localização do paciente, data e horário da coleta e identificação do flebotomista também são importantes. A inclusão de dados clínicos complementares no pedido também auxilia a interpretação do teste: fração de oxigênio inspirado (FIO₂), temperatura do paciente, frequência respiratória e modo de ventilação (respiração espontânea ou ventilação assistida) [70-72].

O material para realização da coleta de gasometria precisa estar de acordo com as normas vigentes. Antigamente, utilizava-se seringa de vidro. Atualmente, devido a praticidade no manuseio e segurança aos profissionais de laboratório, bem como no gerenciamento de resíduos, as seringas de gasometria mais utilizadas são de material plástico descartável. Entretanto, há autores que observaram maior estabilidade dos gases sanguíneos quando coletadas em seringas de vidro. [13, 73-75]. Isso porque, nas seringas de plástico, dependendo da sua porosidade, há relatos de alterações das concentrações de pO_2 e pCO_2 , por possível troca de gases sanguíneos com o ar atmosférico, o que não ocorre em seringas de vidro [76, 77].

Existem no mercado vários modelos de seringas plásticas contendo anticoagulante, preferencialmente a heparina liofilizada. O volume de amostra pode variar de acordo com o fabricante e a relação amostra/anticoagulante precisa ser observada, pois ela pode alterar significativamente os resultados de pH, PO_2 e pCO_2 , principalmente [13, 37, 73, 77-79].

Cuidados na realização da coleta da amostra biológica também precisam ser observados. O local da punção determina o tipo de amostra a ser analisada. Se amostra arterial, usualmente nas artérias radial, braquial ou femoral. É fundamental que esta informação seja repassada ao laboratório clínico, pois os valores de referência variam se arterial ou venosa [80-82].

Após a obtenção da amostra, é importante que o ar residual na seringa seja retirado. É sabido que a presença de bolhas de ar no recipiente de coleta altera a pressão dos gases sanguíneos, interferindo no resultado final. A homogeneização da amostra, por inversão vertical ou utilizando as palmas das mãos deve ser de forma suave, visando a mistura da amostra com o anticoagulante. Recomenda-se que a seringa seja transportada na posição horizontal e antes da análise é recomendada nova homogeneização [5, 8, 83-85].

Recomenda-se o processamento imediato da amostra, até 15-20 minutos após a coleta. Caso não seja possível a dosagem laboratorial nesse período, a amostra deve ser conservada em recipiente com água e gelo [5, 86, 87].

3.5.2 Fatores analíticos

Os fatores analíticos são aqueles relacionados à etapa de análise e processamento da amostra biológica. Iniciam muito antes da chegada da amostra no setor técnico e compreende atividades como validação do sistema analítico, controles interno e externo da qualidade, manutenção e calibração dos analisadores, gestão de insumos e suprimentos e capacitação dos profissionais envolvidos [73].

A validação do sistema analítico é normalmente realizada na introdução de uma nova tecnologia e na avaliação periódica do parque tecnológico. É composta por diferentes atividades que tem como objetivo a verificação da qualidade e aplicação do sistema analítico na rotina laboratorial. Usualmente realizam-se testes de precisão, exatidão, linearidade e equivalência entre sistemas [73, 88, 89].

A capacidade de o sistema analítico fornecer resultados equivalentes é denominada precisão. A avaliação é realizada a partir da análise dos resultados obtidos de uma mesma amostra ao longo de um período. Usualmente são conduzidas dosagens seriadas de amostras comerciais em corridas analíticas distintas (dias e horários diferentes) com determinação do desvio padrão ou coeficiente de variação que são calculados a partir da dispersão dos resultados encontrados em relação ao valor definido (alvo) [73, 90-93].

Já a exatidão é definida como a proximidade numérica entre um valor definido (alvo) e o valor encontrado na dosagem da amostra [73, 91-93].

O estudo da linearidade é realizado, habitualmente, a partir de diluições com cinco valores com dosagens em duplicata. Os resultados fornecerão a concentração do analito pesquisado, sendo estabelecidos o limite de detecção e quantificação do teste [94, 95].

A equivalência entre sistemas é realizada com base em protocolo definido pelo laboratório, onde há o estabelecimento dos passos necessários do início até análise dos resultados. Usualmente, é realizada por meio da análise de amostras no equipamento de referência e no equipamento a ser testado. Os resultados são analisados conforme parâmetros estabelecidos: erro aceitável e análise estatística (por exemplo: coeficiente de correlação de Pearson e regressão linear). Aspectos críticos a serem considerados no planejamento e execução do

estudo são: seleção das amostras, definição dos responsáveis pela realização, determinação dos limites aceitáveis e padrões de comparação, registro dos dados e escolha do protocolo de avaliação estatística [89, 96].

O controle interno da qualidade deve ser conduzido diariamente ou conforme necessidade do processo e constitui na análise de amostras de valores conhecidos, usualmente em dois níveis (normal e patológico). O objetivo principal é a avaliação do desempenho analítico do equipamento antes do processamento das amostras de pacientes com foco na gestão de erros aleatórios. Após a dosagem, os dados são analisados conforme regras definidas pelo laboratório. As regras mais aceitas pelos profissionais são baseadas nas publicações do grupo de pesquisa conduzido por Westgard [92, 93, 97].

O controle externo da qualidade, também conhecido como ensaio de proficiência, é uma análise da comparação dos resultados obtidos com os resultados de outros laboratórios. O processo é coordenado por uma instituição que é responsável pela distribuição da amostra a todos os laboratórios participantes e, após o registro de todos os resultados, estes são analisados estatisticamente entre si. O objetivo deste estudo é a detecção de erros sistemáticos [73, 98, 99].

3.5.3 Fatores pós-analíticos

Após a realização da gasometria e consequente obtenção dos resultados, alguns aspectos precisam ser considerados como essenciais para a segurança assistencial. Os dados e informações reportados no laudo laboratorial devem ser, preferencialmente interfaceados no Sistema de Informação Laboratorial (SIL) e reportados de forma clara e objetiva.

Sempre que houver resultados fora do limite considerado normal (valores críticos), estes devem ser comunicados imediatamente para a equipe assistencial e o laboratório precisa ser responsável por apoio técnico-científico sempre que a equipe assistencial solicitar auxílio para interpretação ou discussão de metodologias [73, 100, 101].

3.6 AÇÕES PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE LIBERAÇÃO DE RESULTADOS

No processo da análise dos gases sanguíneos, diferentes fatores são determinantes no tempo de entrega dos resultados. O laboratório deve estar comprometido para entregar do resultado em menor tempo, garantindo o sucesso no desempenho assistencial. Diferentes estratégias podem ser realizadas para redução desse tempo e serão descritas a seguir [2, 3, 9, 10].

3.6.1 Redesenho do processo

O processo laboratorial não é algo estático, portanto precisa passar por constantes avaliações, especialmente no atendimento da satisfação e necessidade do cliente (interno ou externo) e na avaliação das atividades que agregam ou não valor. Por envolver atividades realizadas por pessoal do laboratório e equipe assistencial externa, esta atividade é crítica e complexa, cujo foco é o paciente. Um pensamento sistêmico do macroprocesso deve ser realizado para que haja o estabelecimento de ações conjuntas com objetivo na otimização dos processos e ganho no desempenho operacional [46, 102].

Alterações mais básicas, que exijam pouco ou nenhum investimento, até o estabelecimento de atividades com implantação de sistemas informatizados, automação e investimento em novas tecnologias pode ser pensado para alcançar as melhorias esperadas pelos clientes dos serviços de saúde.

Habitualmente, as amostras são coletadas por equipe do laboratório que, no caso de instituições hospitalares, são responsáveis pela coleta em diferentes unidades assistenciais e transporte da amostra ao setor técnico para processamento. Ações simples na etapa pré-analítica, com base no pensamento enxuto que visa o redesenho dos processos de trabalho e envolvimento de toda equipe, podem reduzir o tempo de entrega dos resultados, sem necessidade de investimento em tecnologia [22, 102].

3.6.2 Implantação de teste laboratorial remoto ou *point-of-care*

A evolução do teste laboratorial remoto (TLR) ou *point-of-care* (POCT) garantiu acessibilidade, velocidade e precisão dos resultados nas análises laboratoriais [103, 104].

Os principais benefícios do TLR descritos na literatura estão relacionados ao tempo de entrega do resultado e conseqüente tempo de decisão clínica, além da praticidade de execução do teste a beira do leito. [105, 106].

Há vários relatos na literatura que comprovam o custo-benefício dos TLR na prática assistencial. Essa tecnologia é crescente, otimizando as formas de comunicação e conectividade, além da ampliação de novos testes. [104, 107, 108]

Para qualquer TLR, o treinamento, a capacitação dos operadores e a gestão da qualidade analítica (validação do sistema analítico e controle interno e externo da qualidade) devem ser de responsabilidade dos profissionais do laboratório.

3.6.3 Autoverificação dos resultados

A autoverificação ou liberação automatizada dos resultados laboratoriais é uma tendência e tem se mostrado como aliada dos gestores do laboratório clínico, por ser uma ferramenta que possibilita melhoria do processo e redução do tempo de entrega dos resultados. A sua implantação tem impacto principalmente na etapa pós-analítica do processo laboratorial, pois não precisa do profissional de nível superior para a análise e liberação do resultado. A autoverificação já compreende a análise automática dos resultados e liberação pelo próprio SIL, a partir da customização de regras e parâmetros estatísticos previamente definidos [109, 110].

Descrita inicialmente na década de 80, o relato da autoverificação é recente e acompanha a evolução dos sistemas informatizados. Nelas, fluxogramas atrelados ao controle da qualidade e regras de *delta check* são configurados com base nas especificações do cliente. Entende-se por *delta check* a correlação do resultado atual com resultado anterior, como forma de verificação de possíveis erros laboratoriais e alertas de acompanhamento clínico [111, 112].

3.7 SERVIÇO DE MEDICINA LABORATORIAL DO HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

O Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais é um hospital universitário, público, terciário, geral e integrado ao Sistema Único de Saúde (SUS), atendendo a todas as especialidades médicas, com exceção da radioterapia. É referência nacional em transplantes, tratamentos oncológicos e quimioterapia, maternidade e berçário de alto risco, cirurgia cardíaca, entre outras. Tem capacidade instalada de 509 leitos, incluídos os leitos das Unidades de Terapia Intensiva adulto (18 leitos) e pediátrico (18 leitos). Apresenta 55 leitos na Sala de Observação e oito leitos na Sala de Emergência, ambas na Unidade de Pronto Atendimento. A Unidade Coronariana e o Serviço de Neonatologia têm 19 e 26 leitos, respectivamente. Somam-se assim 144 leitos distribuídos em serviços de terapia intensiva e urgências.

No SML do HC/UFMG são liberados, em média, 142.000 exames mensais, sendo 42.000 (30%) de pacientes internados e 100.000 (70%) de pacientes ambulatoriais. Deste total de exames, cerca de 7.000 (5%) são exames de gasometria (arterial e venosa), que podem ser solicitados em regime de urgência ou rotina, de pacientes internados e dos ambulatórios.

Em 2005, o *middleware* e SIL fornecidos pela Matrix Sistemas e Serviços® (São Paulo, SP, Brasil), Matrix Middleware 2.3.12 Release Build 7 (*middleware*) e Matrix Diagnosis 2015.1.3.17 (SIL) foram implantados no serviço. Desde então, todos os aparelhos do setor, incluindo os gasômetros, foram interfaceados.

A verificação dos resultados para liberação dos laudos das gasometrias ocorria até então de forma manual, consumindo tempo e pessoal numa tarefa repetitiva, por vezes fastidiosa, subjetiva e com risco de erros, comprometendo a segurança do paciente.

No SML do HC/UFMG, o TAT das gasometrias de rotina e urgência definido no contrato de gestão com a Diretoria do hospital é de 40 minutos após a entrega da amostra no setor técnico. Entretanto, estudos prévios descreveram que cerca de 76% dos exames urgentes eram liberados nesse período. Desde então alternativas para reduzir o TAT foram discutidas, como por exemplo: o pedido eletrônico de exames, otimização do transporte do material biológico, testes laboratoriais remotos e a liberação automatizada de resultados ou autoverificação.

Os pacientes ambulatoriais são atendidos em um local destinado para coleta de sangue e outros materiais biológicos. No prédio da coleta ambulatorial, eles são cadastrados no SIL, onde são inseridos os dados demográficos, os exames a serem realizados e outras informações pertinentes, como usos de medicamentos, jejum, outras condições clínicas etc. São geradas etiquetas de código de barras com as informações inseridas no SIL, tantas quantas necessárias para identificar os tubos de coleta de sangue. Para pacientes internados, o médico faz o pedido em um programa eletrônico, desenvolvido para este fim. A equipe da coleta laboratorial no hospital faz a integração deste programa com o SIL, imprime as etiquetas de identificação de código de barras e faz a coleta de sangue. Quando os tubos chegam ao laboratório, é feito registro para confirmação desta etapa no SIL. Os dados de cada tubo, como identificação do paciente e os exames a serem realizados, são enviados ao *middleware* e aos equipamentos, onde são processados os exames.

Todos os exames realizados no SML do HC/UFMG já foram configurados previamente no SIL com as características técnicas, valores de referência, tubos adequados de coleta e equipamentos onde os testes são realizados.

3.7.1 Dosagem laboratorial das gasometrias no HC/UFMG

Em 2015, as gasometrias eram realizadas em dois equipamentos automatizados (GEM® Premier 4000) e os resultados obtidos enviados ao *middleware* para liberação técnica.

Uma vez liberados tecnicamente, os resultados são enviados ao SIL. No SIL, era feita a liberação clínica manual de todos os resultados, que ficavam disponíveis *online* para o médico assistente e também podem ser acessados pelo paciente de ambulatório, através de uma senha, que era fornecida no momento do cadastro. Também era possível a impressão dos resultados diretamente nos equipamentos, principalmente quando houvesse necessidade de urgência da consulta do resultado, considerados como “parcial”.

A liberação clínica de resultados das gasometrias sempre foi conduzida por profissionais legalmente habilitados e treinados, como médicos, bioquímicos ou biomédicos. Os critérios utilizados para liberação eram pessoais e dependem do conhecimento técnico, experiência profissional e características do profissional. Nessa etapa, os profissionais usam seus

conhecimentos e algoritmos mentais para detecção de algum erro pré-analítico, analítico ou pós-analítico, que possa comprometer o resultado final. Na ausência de incongruências dos resultados, os laudos eram liberados eletronicamente para que fossem consultados *online* ou impressos para o paciente ou o médico assistente.

O número gasometrias processadas pelo SML do HC/UFMG vem aumentando nos últimos anos. Em 2015, a média diária de gasometrias realizadas foi de 129 exames. A Figura 1 demonstra o quantitativo de gasometrias processadas pelo SML do HC/UFMG nos anos de 2012 a 2015.

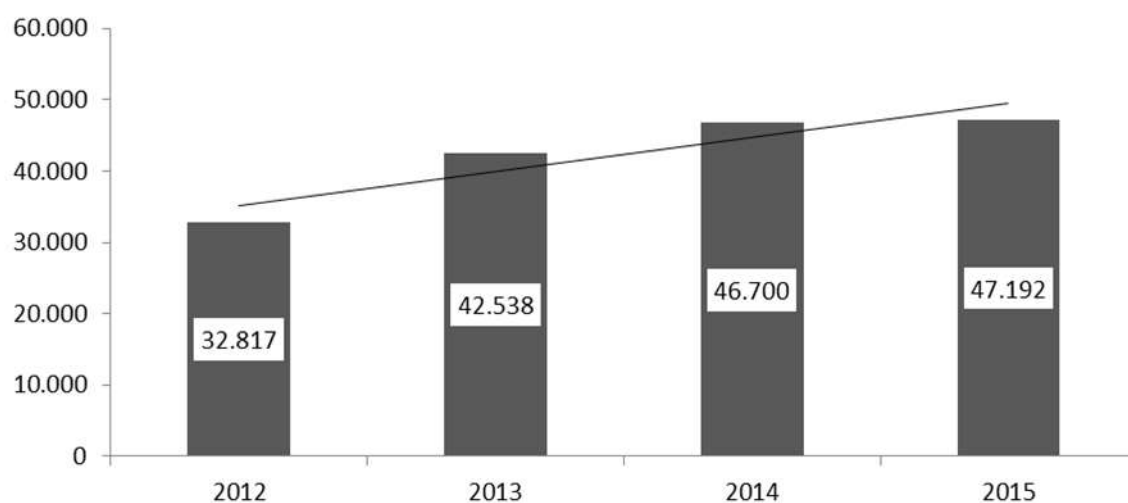


Figura 1 - Quantitativo de gasometrias processadas pelo Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, de 2012 a 2015.

4 METODOLOGIA

4.1 ASPECTOS ÉTICOS

Este trabalho foi aprovado pela Diretoria de Ensino, Pesquisa e Extensão (DEPE) do HC/UFMG e pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG (Anexo A) em 12/03/2015 (CAAE: 41609015.8.0000.5149). O sigilo das informações dos pacientes e seus resultados foram garantidos. Não houve conflito de interesse entre os pesquisadores e o HC/UFMG.

4.2 ETAPAS DA PESQUISA

O trabalho foi estruturado conforme metodologia D.MA.I.C. e atividades foram agrupadas em três grandes etapas: pré-implantação, implantação e pós-implantação.

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado por grupos focais com profissionais do Serviço de Medicina Laboratorial e Pronto Socorro do HC/UFMG.

4.2.1 Mapeamento do processo da gasometria

O mapeamento do processo da gasometria do Serviço de Medicina Laboratorial do HC/UFMG foi realizado com acompanhamento da equipe de coleta hospitalar em diferentes plantões diurnos e noturnos. Esta equipe é composta por técnicos e auxiliares de laboratório que realizaram as coletas após solicitação médica no sistema informatizado.

Dois tipos de solicitação foram avaliadas:

- coleta de rotina, ocorridas às 05h na Unidade de Terapia Intensiva do Pronto Socorro;
- coleta de urgência, realizada imediatamente após a solicitação médica, ao longo do plantão diurno e noturno.

Um único observador acompanhou 242 gasometrias em diferentes horários e dias da semana, incluindo finais de semana e feriados.

Os horários de solicitação, coleta, chegada ao setor técnico, processamento e liberação do resultado foram anotados para análise do tempo médio, em minutos, dos quatro intervalos que compreendem o processo laboratorial da gasometria:

- Tempo 1 (T1): intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra;
- Tempo 2 (T2): intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico;
- Tempo 3 (T3): intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro;
- Tempo 4 (T4): intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado.

Os intervalos T1, T2 e T3 se referem à fase pré-analítica e o intervalo T4 compreende a fase analítica e pós-analítica. O tempo de análise da amostra no gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000) é de 90 segundos, conforme o manual de instruções do fabricante.

Além desses tempos, o observador também avaliou possíveis desperdícios identificados em cada um dos intervalos, tanto nas gasometrias de rotina, quanto nas de urgência, para que fossem discutidos posteriormente nos grupos de trabalho.

4.2.2 Pesquisa de satisfação do corpo clínico

Foi confeccionado e aplicado um questionário (ANEXO C) de pesquisa de satisfação interna, ou seja, para o corpo clínico do HC/UFG, composto por médicos plantonistas, preceptores e residentes com mais de um ano de atuação, nas cinco unidades de terapia intensiva do serviço: pediátrica, neonatal, pronto socorro, adulto e unidade coronariana.

As perguntas foram estruturadas visando avaliação do grau de satisfação dos médicos quanto ao tempo de coleta das gasometrias solicitadas na rotina e na urgência, ao tempo de liberação dos resultados e quanto a confiabilidade dos resultados liberados. As opções de resposta foram: insatisfeito, pouco satisfeito, satisfeito e muito satisfeito. Os resultados foram compilados e analisados.

4.2.3 Definição de mudanças e melhorias no processo

Visando a definição das mudanças e melhorias nos processos das gasometrias, foram definidos grupos de trabalho compostos por servidores do SML de diferentes cargos: técnico e auxiliar de laboratório, farmacêutico-bioquímico, médicos patologistas clínicos, enfermeiro e médicos assistentes; tendo como líder o pesquisador.

Os dados coletados do mapeamento dos processos e da pesquisa de satisfação interna foram apresentados para os grupos de trabalho, para análise e discussão. Os grupos de trabalho propuseram diversas melhorias, com foco na filosofia *Lean Healthcare* que foram registradas para posterior estudo de viabilidade de implantação no SML do HC/UFMG.

4.2.4 Implantação e impacto da autoverificação dos resultados

Optou-se por parametrizar a autoverificação apenas para as gasometrias arteriais.

Para a definição dos critérios de liberação automática, primeiramente foram revistos e registrados os intervalos de referência, os valores críticos e as linearidades dos parâmetros dosados diretamente nos gasômetros do serviço (Tabela 1).

Tabela 1 - Intervalos de referência, valores críticos e linearidades dos parâmetros dosados diretamente nos gasômetros do Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.

PARÂMETRO	INTERVALO DE REFERÊNCIA		VALORES CRÍTICOS		LINEARIDADE	
	BAIXO	ALTO	BAIXO	ALTO	BAIXO	ALTO
pH	7,35	7,45	<7,2	>7,6	6,8	8
PO ₂ (mmHg)	80	100	<40	>150	0	800
PCO ₂ (mmHg)	35	44	<20	>70	0	150
Sódio (mmol/L)	135	145	<120	>160	100	200
Potássio (mmol/L)	3,5	5,5	<2,5	>6,5	0,1	20
Cloro (mmol/L)	95	105	<80	>120	40	170
Cálcio (mmol/L)	1,16	1,29	<0,8	>1,6	0,1	5
Hematócrito (%)	34	48	<20	>60	15	75
Glicose (mg/dL)	70	99	<45	>500	4	750
Lactato (mmol/L)	<1,3	-	-	-	0,1	20

O intervalo de liberação automática e os critérios de retenção dos resultados das gasometrias arteriais adotados no SML do HC/UFMG estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Intervalos de liberação automática e os critérios de retenção dos resultados de gasometria arterial adotados no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais.

PARÂMETRO	INTERVALOS DE LIBERAÇÃO AUTOMÁTICA	CRITÉRIOS DE RETENÇÃO
pH	7,2 a 7,6	Valor crítico
PO ₂ (mmHg)	60 a 150	Validação de resultados
PCO ₂ (mmHg)	27 a 55	Validação de resultados
Sódio (mmol/L)	120 a 160	Valor crítico
Potássio (mmol/L)	2,5 a 6,5	Valor crítico
Cloro (mmol/L)	80 a 120	Valor crítico
Cálcio (mmol/L)	0,98 a 1,43	Validação de resultados
Hematócrito (%)	20 a 60	Valor crítico
Glicose (mg/dL)	45 a 350	Validação de resultados
Lactato (mmol/L)	0 a 3	Valor crítico

O intervalo de liberação automática dos resultados foi baseado, inicialmente, nos valores de referência, ou mesmo fora deles, mas sem superar os limites dos valores críticos. Ou seja, apenas os resultados que atingissem os valores críticos seriam retidos, pois apresentam notificação obrigatória.

Antes da parametrização do SIL, realizou-se validação dessas regras de forma retroativa, avaliando 100 gasometrias arteriais previamente liberadas no sistema. Ajustes foram conduzidos e estabelecido novos critérios de retenção de resultados para os parâmetros pO₂, pCO₂, cálcio e glicose.

O impacto da autoverificação no SML do HC/UFMG foi avaliado com base no percentual de redução do TAT das gasometrias, no percentual de exames auto-liberados e no percentual de exames liberados até 40 minutos após entrada da amostra no setor técnico. Os dados foram compilados em tabelas e gráficos e comparados estatisticamente.

4.2.5 Avaliação da estabilidade da amostra

Para avaliar a estabilidade da amostra em relação ao tempo de armazenamento, foram selecionados 20 pacientes aleatórios, internados na unidade de terapia intensiva do HC/UFG. Em cada paciente, além da gasometria solicitada, foram coletadas outras três amostras, em seringas de plástico, contendo heparina lítica.

As amostras foram encaminhadas para o setor técnico e ficaram armazenadas sob temperatura ambiente. A 1ª amostra (T0) foi processada imediatamente e o resultado liberado para o corpo clínico. Esse resultado foi considerado o padrão. As demais amostras foram processadas em intervalos de 20 minutos, a saber: T1 – 20 minutos após coleta; T2 – 40 minutos após coleta e T3 – 60 minutos após coleta.

Compararam-se os resultados de nove parâmetros que são medidos pelo gasômetro – pH, PO₂, PCO₂, lactato, hematócrito, sódio, potássio, cálcio e glicose – obtidos das amostras T20, T40 e T60 com os da amostra basal (T0). Todas as análises desse estudo foram processadas em um único gasômetro (GEM® Premier 4000).

4.2.6 Avaliação do desempenho de um equipamento de *point-of-care*

Um equipamento de TLR, ou *point-of-care*, da marca epoc® foi disponibilizado para realização de avaliação de pacientes na Sala de Emergência do HC/UFG. O desempenho epoc® foi avaliado em 70 amostras de gasometrias, arteriais e venosas, durante duas semanas.

Para o estudo estatístico de correlação entre os resultados do equipamento epoc® e o gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000), foram compilados resultados de apenas 20 gasometrias arteriais.

O mapeamento do TAT dos intervalos T1, T2, T3 e T4 referentes aos processos laboratoriais da gasometria por TLR também foram registrados e comparados estatisticamente com os resultados do gasômetro do serviço.

O impacto de um gasômetro por TLR no SML do HC/UFMG foi avaliado exclusivamente com base no percentual de redução do TAT nos intervalos do processo da gasometria.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados do presente trabalho foram expressos em números e proporções, em se tratando de variáveis discretas, e em medidas de tendência central e dispersão, em caso de variáveis contínuas.

Para avaliação da distribuição dos resultados do TAT das gasometrias, foi adotado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Diferenças nas proporções de variáveis categóricas foram analisadas utilizando-se o teste Qui-quadrado.

Para comparação de variáveis contínuas de distribuição não-gaussiana em duas amostras independentes, foi utilizado o teste Mann-Whitney. Para análise de variáveis contínuas de distribuição não-gaussiana em mais de duas amostras independentes, foi empregado o teste Kruskal-Wallis.

Os estudos da estabilidade da amostra e de comparação dos resultados do TLR com os do gasômetro padrão foram avaliados por meio de regressão linear simples (mínimos quadrados) e cálculo do coeficiente de correlação (r). O nível de correlação especificado no presente estudo foi 0,975. Para análise de variáveis contínuas de distribuição não-gaussiana em mais de duas amostras independentes, foi empregado o teste Kruskal-Wallis além da verificação da normalidade da amostra D'Agostino & Pearson.

As análises estatísticas dos dados foram conduzidas nos programas *Excel® Microsoft Office Professional Plus 2010* e *Minitab® Express, versão 1.0*. Foram adotados nível de significância de $p < 0,05$ e intervalo de confiança (IC) de 95%.

5. RESULTADOS

5.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO DA GASOMETRIA

Durante o mapeamento do processo da gasometria, foram acompanhadas 242 solicitações médicas, sendo 194 (80%) solicitações de rotina e 48 (20%) solicitações de urgência.

O tempo médio para liberação dos resultados de gasometria após a solicitação médica de rotina e urgência foi de 94 minutos e 98 minutos, respectivamente. Na Tabela 3 foram descritos os intervalos de cada etapa do processo laboratorial.

Tabela 3 - Tempo médio* dos quatro intervalos do processo laboratorial das gasometrias de rotina e urgência no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

INTERVALO	GASOMETRIAS		
	ROTINA (n=194)	URGÊNCIA (n=48)	TOTAL (n=242)
T1	25'24"	51'06"	30'38"
T2	20'30"	14'18"	19'36"
T3	16'24"	9'24"	11'34"
T4	32'12"	23'12"	29'38"
Total	94'30"	98'	91'26"

*Resultados expressos em ' (minutos) e " (segundos)

N representa número de amostras incluídas no trabalho

T1 = Intervalo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra

T2 = Intervalo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico

T3 = Intervalo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro

T4 = Intervalo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado

Observa-se que a fase pré-analítica (intervalo entre a solicitação e o processamento da amostra – T1 + T2 + T3) representou em média 61'46", correspondendo a 67,4% de todo o processo laboratorial. Já o Intervalo T4, que representa a fase pós-analítica, foi responsável por 32,6% do tempo total da gasometria.

As distribuições de frequência do TAT das gasometrias coletadas na rotina e na urgência estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 - Distribuição da frequência do Tempo de Atendimento Total das amostras coletadas na rotina no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

INTERVALO (minutos)	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA
0 F 20	7	3,61%
20 F 40	48	28,35%
40 F 60	103	81,44%
60 F 80	32	97,94%
80 F 100	1	98,45%
100 F 120	3	100%

Tabela 5 - Distribuição da frequência do Tempo de Atendimento Total das amostras coletadas na urgência no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

INTERVALO (minutos)	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA
0 F 20	19	39,58%
20 F 40	17	75%
40 F 60	7	89,58%
60 F 80	0	89,58%
80 F 100	2	93,75%
100 F 120	2	97,92%
120 F 140	1	100%

Comparando as Tabelas 4 e 5, observa-se que o percentual de gasometrias liberadas até 40 minutos foi maior na urgência (75%) em relação à rotina (28,35%) ($p < 0,05$).

As Figuras 2 e 3 demonstram o TAT total (somatório dos quatro intervalos: T1+T2+T3+T4) das gasometrias colhidas na rotina e urgência, respectivamente, no SML do HC/UFMG.

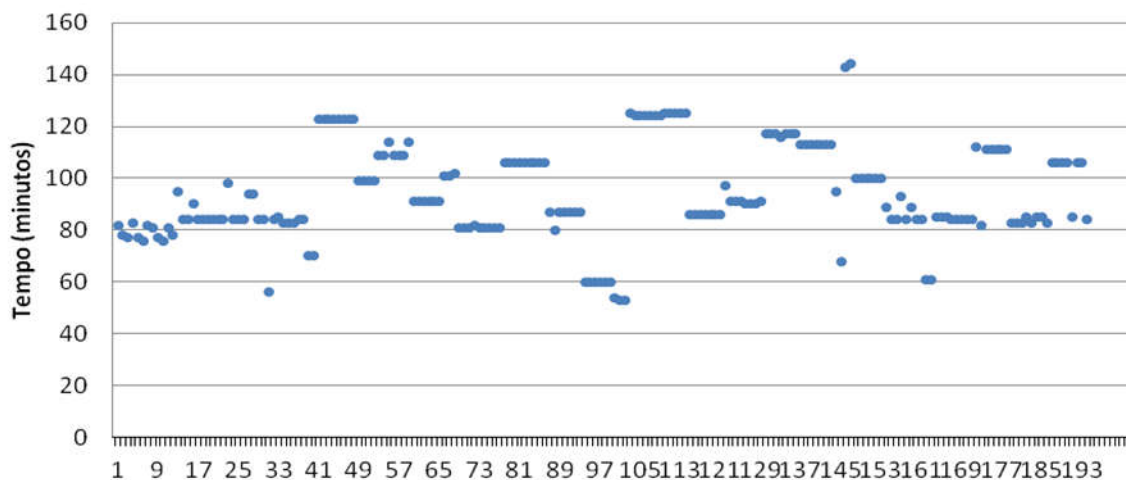


Figura 2 - TAT total do intervalo entre solicitação médica das gasometrias de rotina e liberação do resultado no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (n=194)

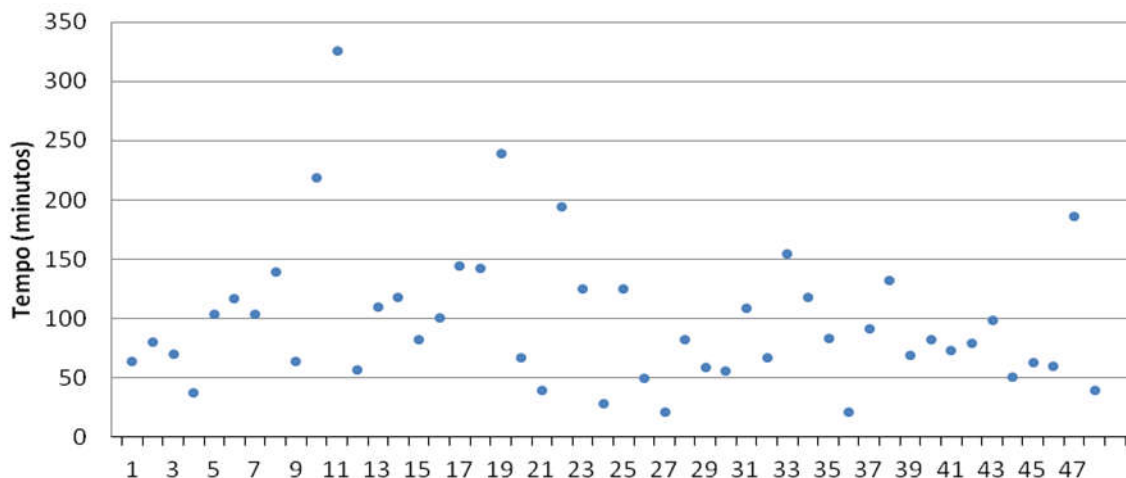


Figura 3 - TAT total do intervalo entre solicitação médica das gasometrias de urgência e liberação do resultado no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (n=48)

As Figuras 4 e 5 demonstram o TAT para as amostras colhidas na rotina e urgência, respectivamente, após a entrega da amostra no setor técnico até a liberação do resultado (somatório os intervalos T3+T4), em relação à meta de 40 minutos acordado no contrato de gestão entre Diretoria e o SML do HC/UFMG.

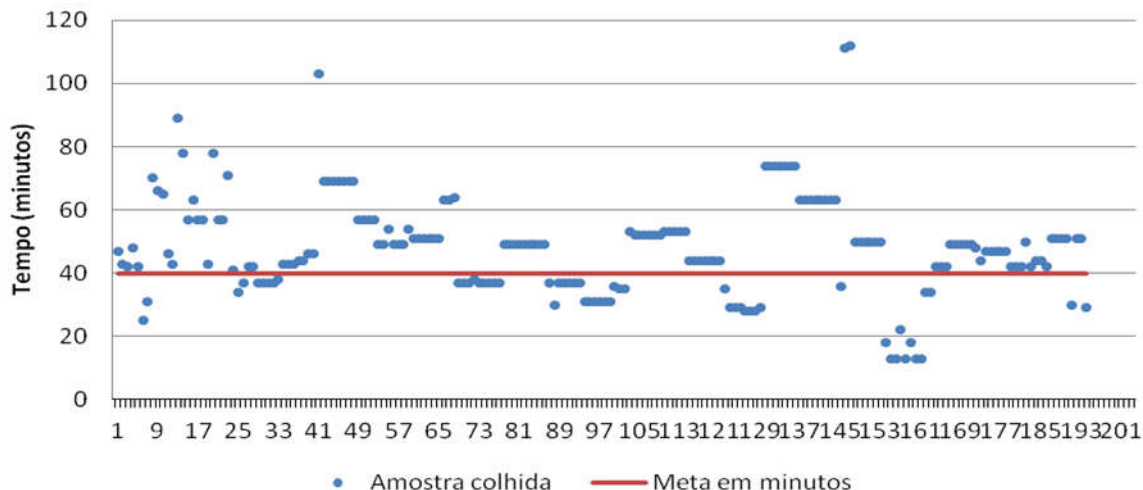


Figura 4 - Comparação do intervalo de tempo entre a chegada da amostra no setor técnico e a liberação do resultado das gasometrias de rotina, em relação à meta do contrato de gestão entre Diretoria e o Serviço de Medicina Laboratorial do HC/UFMG (n=194)

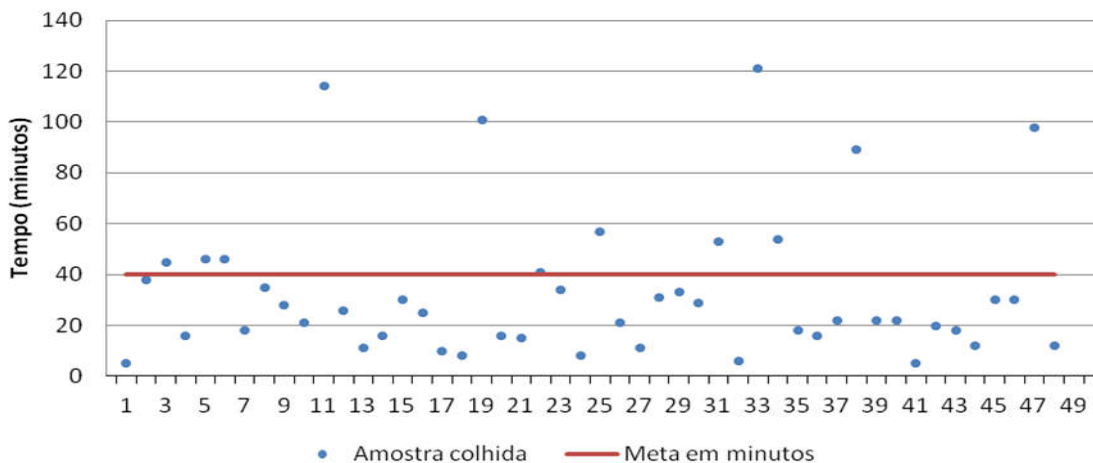


Figura 5 - Comparação do intervalo de tempo entre a chegada da amostra no setor técnico e a liberação do resultado das gasometrias de urgência, em relação à meta do contrato de gestão entre Diretoria e o Serviço de Medicina Laboratorial do HC/UFMG (n=48)

Dentre os sete desperdícios descritos na filosofia *Lean*, foram identificados quatro tipos durante nos processos laboratoriais das gasometrias de rotina e urgência no SML do HC/UFMG, sendo eles: tempo de espera, movimentação, excesso de processamento (retrabalho) e defeitos, conforme demonstrado na Figura 6.

INTERVALO	DESPERDÍCIOS
T1	<p>Tempo de espera:</p> <p>Demora no atendimento da solicitação</p> <p>Demora na coleta de amostras</p>
T2	<p>Tempo de espera:</p> <p>Demora no transporte do setor de origem ao setor de processamento</p> <p>Movimentação:</p> <p>Deslocamento excessivo durante a coleta</p>
T3	<p>Tempo de espera:</p> <p>Tempo entre a chegada e processamento da amostra</p>
T4	<p>Excesso de processamento (retrabalho):</p> <p>Falta de padronização para repetição de amostra biológica</p> <p>Recoleta de amostra biológica</p> <p>Processamento inadequado</p> <p>Processamento de amostra em sequência diferente da realização da coleta</p> <p>Comprometimento da viabilidade da amostra</p> <p>Defeitos:</p> <p>Parque tecnológico indisponível para processamento da amostra</p>
	<p>Tempo de espera:</p> <p>Demora na liberação clínica dos resultados de gasometria</p>

Figura 6 - Desperdícios encontrados em cada etapa do processo laboratorial referente às dosagens das gasometrias no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. T1 = Intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra; T2 = Intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico; T3 = Intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro; T4 = Intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado.

5.2 PESQUISA DE SATISFAÇÃO DO CORPO CLÍNICO

Responderam ao questionário de pesquisa de satisfação interna 40 profissionais do corpo clínico das Unidades de Terapia Intensiva do HC/UFMG, sendo 30% do CTI Pediátrico e Neonatal, 26% do CTI adulto, 26% da UTI do Pronto Socorro e 17% da Unidade coronariana. A maioria foi composta por médicos plantonistas (64%), do sexo feminino (60%), entre 30-50 anos (53%) e com jornada de trabalho em ambos os turnos - diurno e noturno (59%).

Segundo os entrevistados, o tempo de coleta das gasometrias da rotina agradou 73%, ao contrário do tempo da urgência, apenas 43%. Para 70%, o tempo de entrega dos resultados não atendeu às necessidades do corpo clínico. Por outro lado, a confiabilidade dos resultados foi de 85% (Figura 7).

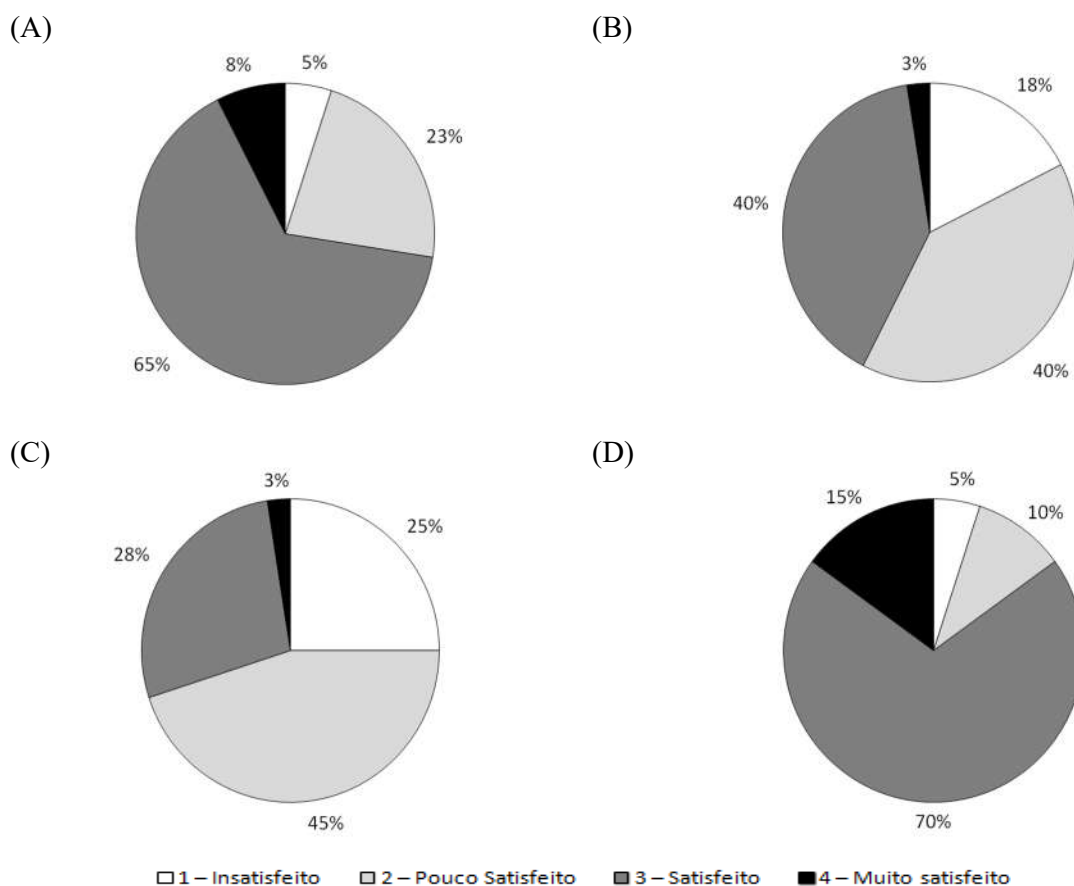


Figura 7 - Resultados da pesquisa de satisfação do corpo clínico do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais em relação à dosagem laboratorial das gasometrias (n=40) (A) Satisfação em relação ao tempo de coleta das gasometrias solicitadas na Rotina(B) Satisfação em relação ao tempo de coleta das gasometrias solicitadas na Urgência; (C) Satisfação em relação ao tempo de liberação dos resultados; (D) Satisfação em relação à confiabilidade dos resultados.

5.3 DEFINIÇÃO DE MUDANÇAS E MELHORIAS NO PROCESSO

A partir dos resultados do mapeamento do processo e da pesquisa de satisfação do corpo clínico, reuniu-se com o grupo de trabalho composto por servidores de diferentes cargos do SML do HC/UFMG para discussão e avaliação conjunta das propostas a serem implantadas como melhorias.

A estratégia de envolver os servidores partiu do princípio de que a solução para os problemas encontrados podem vir do local em que a situação acontece, além de envolver quem realiza as atividades, já que a continuidade do processo está diretamente ligada à criação do hábito. Durante o mapeamento do processo observou-se que simples ações realizadas em diferentes plantões poderiam ser implementadas com foco na melhoria do processo.

Após discussão e escuta de todos os participantes do grupo de trabalho as propostas foram compiladas e estão descritas na Figura 8.

INTERVALO	PROPOSTA DE AÇÃO
T1	Sinalizar de forma diferenciada as requisições que contenham solicitação de gasometria arterial e venosa no sistema de prescrição.
T1	Repactuar horários de coletas nas unidades de internação.
T1	Padronizar rotina entre equipes de coleta: - Dois colhedores por setor e início das coletas pelo PA/CTI e em seguida UCO/CTI. - Padronizar grade numerada para armazenamento das amostras, conforme sequência de coleta; - Padronizar insumos nas maletas e carrinhos de coleta.
T2	Equipe técnica buscar amostras no CTI/UCO/PA.
T2	Processar imediatamente as amostras de gasometria entregues no setor.
T3	Instalar terceiro equipamento de gasometria interfaceado ao sistema de gestão de amostras.
T3	Deixar de centrifugar amostras com valores de potássio aumentado.
T3	Processamento de amostras de acordo com sequência de coleta.
T1, T2, T3, T4	Implantar <i>point-of-care</i> para gasometrias.
T4	Implantar a liberação automática para os resultados da gasometria. Estabelecer alerta e/ou visualização diferenciada dos resultados de gasometria a serem liberados no sistema informatizado.

Figura 8 - Proposta de ações para redução dos desperdícios encontrados em cada etapa do processo laboratorial referente à dosagem das gasometrias no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. T1 = Intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra; T2 = Intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico; T3 = Intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro; T4 = Intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado.

5.3.1 Acompanhamento das alterações propostas

As ações propostas pelo grupo de trabalho como foco na redução dos desperdícios em cada etapa do processo laboratorial foram apresentadas à gerência do SML do HC/UFMG e um plano de ação foi elaborado para acompanhamento da realização das atividades.

Na Figura 9 está descrito o acompanhamento da implantação das ações previstas e as definidas como “concluídas” referem-se às atividades que foram implantadas e quem contém resultado. Já as “canceladas” referem-se à duas atividades propostas que não foram implementadas por questões adversas à pesquisa.

INTERVALO	PROPOSTA DE AÇÃO	ACOMPANHAMENTO
T1	Sinalizar de forma diferenciada as requisições que contenham solicitação de gasometria arterial/venosa no sistema de prescrição.	Concluído.
T1	Repactuar horários de coletas nas unidades de internação.	Cancelada.
T1	Padronizar rotina entre equipes de coleta: - Dois colhedores por setor e início das coletas pelo PA/CTI e em seguida UCO/CTI.	Cancelada.
	- Padronizar grade numerada para armazenamento das amostras, conforme sequência de coleta.	Concluído.
	- Padronizar insumos nas maletas e carrinhos de coleta.	Concluído.
T2	Equipe técnica buscar amostras no CTI/UCO/PA.	Concluído.
T2	Processar imediatamente as amostras de gasometria entregues no setor.	Concluído.
T3	Instalar terceiro equipamento de gasometria interfaceado ao sistema de gestão de amostras.	Concluído.
T3	Deixar de centrifugar amostras com valores de potássio aumentado.	Concluído.
T3	Processamento de amostras de acordo com sequência de coleta.	Cancelada.
T1, T2, T3, T4	Validação de equipamento de <i>point-of-care</i> para gasometrias. (A implantação depende da aprovação da Diretoria do Hospital)	Concluído.
T4	Implantar a liberação automática para os resultados da gasometria.	Concluído.
	Estabelecer alerta e/ou visualização diferenciada dos resultados de gasometria a serem liberados no sistema informatizado.	Concluído.

Figura 9 - Acompanhamento de execução das ações para redução dos desperdícios encontrados em cada etapa do processo laboratorial referente à dosagem das gasometrias no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. T1 = Intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra; T2 = Intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico; T3 = Intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro; T4 = Intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado.

5.4 IMPLANTAÇÃO DA AUTOVERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

No final de janeiro de 2016, foram criadas e implantadas no SIL e no *middleware* regras de liberação automática dos resultados, inicialmente apenas para as gasometrias arteriais.

O quantitativo de gasometrias arteriais autoverificadas no SML do HC/UFMG, no período de janeiro a março de 2016, está representado na Tabela 6. O percentual de exames liberados automaticamente corresponde nos meses subsequentes à implantação, fevereiro e março de 2016, foi de 26,5% (Figura 10).

Tabela 6 – Quantitativo de gasometrias arteriais autoverificadas no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, no período de janeiro a março de 2016

LIBERAÇÃO AUTOMÁTICA	JANEIRO/16	FEVEREIRO/16	MARÇO/16	TOTAL
Não	2.869 (95%)	2.253 (74,9%)	2.002 (71,9%)	7.124 (80,9%)
Sim	150 (5%)	754 (25,1%)	783 (28,1%)	1.687 (19,1%)
Total	3.019	3.007	2.785	8.811

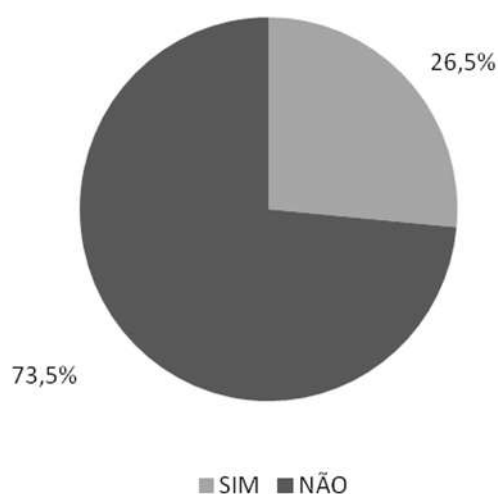


Figura 10 - Percentual das gasometrias arteriais liberadas automaticamente no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, em fevereiro e março de 2016

5.5 PESQUISA DE ESTABILIDADE DAS AMOSTRAS DE GASOMETRIA

A Figura 11 apresenta os resultados da determinação de pH, PO₂, PCO₂, e bicarbonato – obtidos das dosagens das amostras de gasometria nos diferentes intervalos de tempo T1, T2, T3 e T4. O gráfico *boxplot* representa os valores médios e permite avaliar a diferença entre as determinações nos intervalos das dosagens.

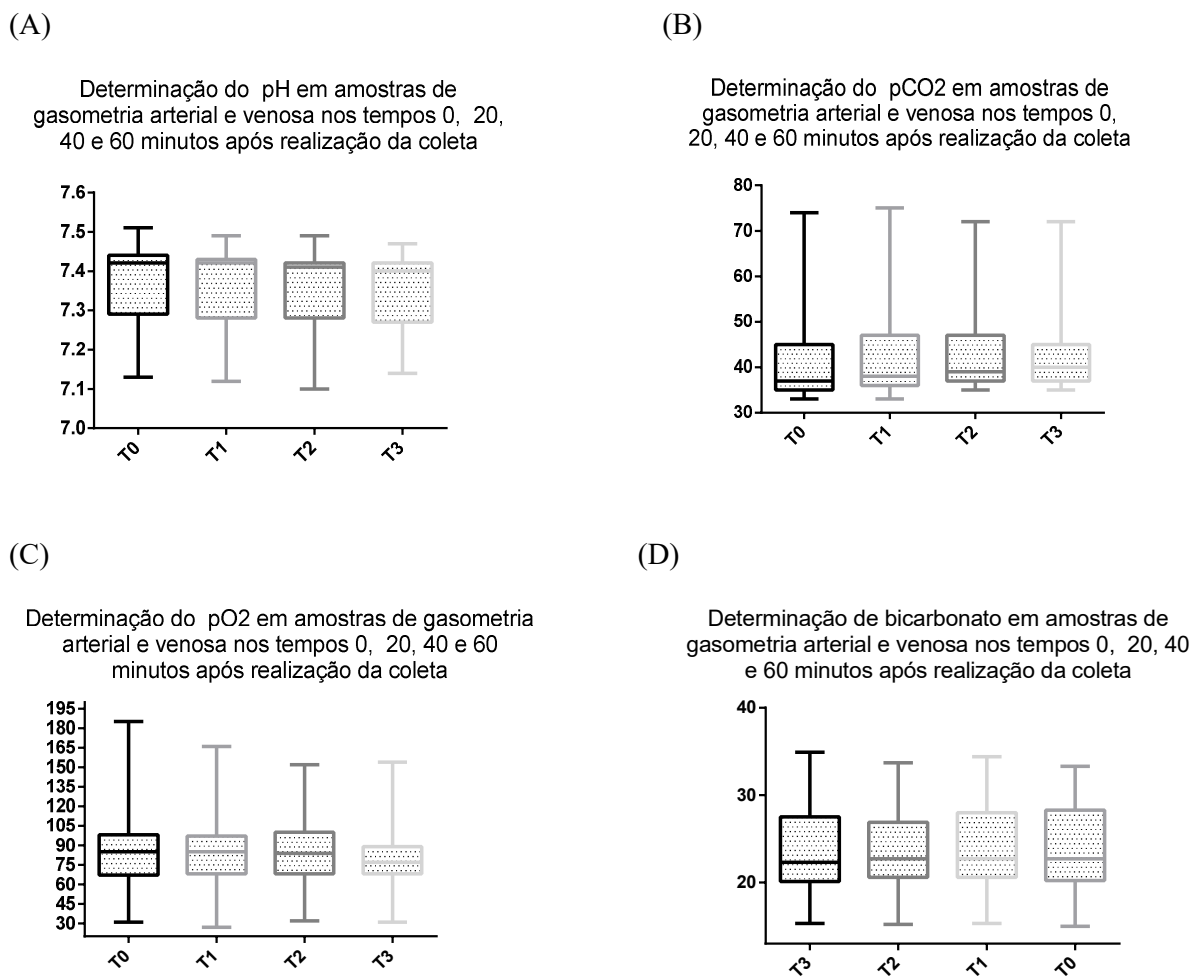
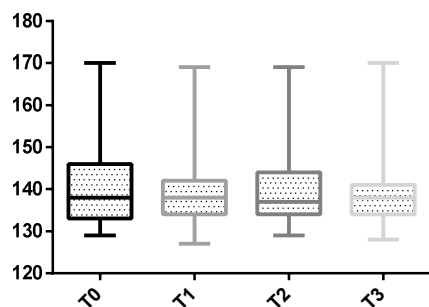


Figura 11 - Comparação dos resultados das gasometrias dosadas após 20, 40 e 60 minutos após coleta (A- pH; B- pCO₂; C- pO₂; D- HCO₃) no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

Os resultados da determinação de sódio, potássio, cálcio iônico, glicose lactato e hematócrito – obtidos das dosagens das amostras de gasometria nos diferentes intervalos de tempo T1, T2, T3 e T4 estão descritos na Figura 12.

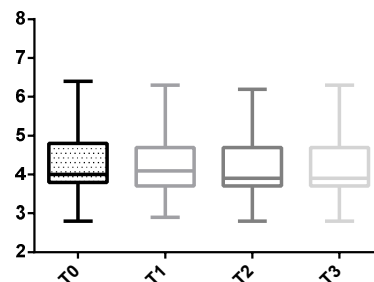
(A)

Determinação de sódio em amostras de gasometria arterial e venosa nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos após realização da coleta



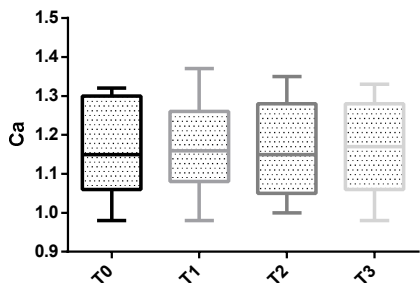
(B)

Determinação de potássio em amostras de gasometria arterial e venosa nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos após realização da coleta



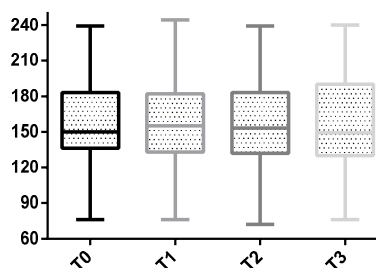
(C)

Determinação de cálcio iônico em amostras de gasometria arterial e venosa nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos após realização da coleta



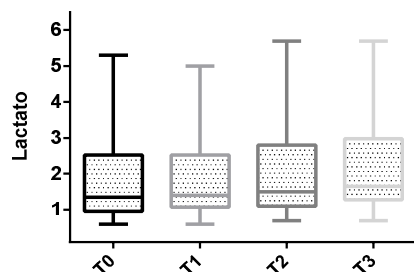
(D)

Determinação de glicose em amostras de gasometria arterial e venosa nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos após realização da coleta



(E)

Determinação de lactato em amostras de gasometria arterial e venosa nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos após realização da coleta



(F)

Determinação do hematócrito em amostras de gasometria arterial e venosa nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos após realização da coleta

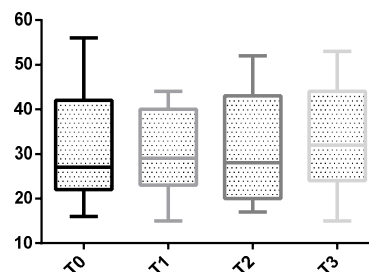


Figura 12 - Comparação dos resultados das gasometrias dosadas após 20, 40 e 60 minutos após coleta (A- Sódio; B- Potássio; C- Cálcio; C- Glicose; D-Lactato; E- Hematócrito) no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

Os dados referentes à média dos resultados dos diferentes parâmetros da gasometria estão descritos na Tabela 7. Observa-se que não houve diferença significativa entre os resultados dos parâmetros avaliados nas amostras T1, T2 e T3 em relação à amostra basal (T0). O coeficiente de correlação em todos os parâmetros avaliados foi superior a 0,975.

Foi realizado teste de normalidade das amostras utilizando como referência D'Agostino & Pearson, além da definição do p-valor pelo teste de Kruskal-Wallis. Todas as amostras foram aprovadas no teste de normalidade.

Tabela 7 - Média dos resultados dos parâmetros da gasometria processadas em tempos de armazenamento distintos

PARÂMETRO	MÉDIA DOS RESULTADOS					ETA	ERRO ESTIMADO	r	Kruskall-Wallis Test (P-valor)	D'Agostino & Pearson (alpha=0.05)?
	T0	T20	T40	T60						
pH	7,38	7,37	7,36	7,35	0,04	< ±1	> 0,993	0,6038	Sim	
pCO ₂ (mmHg)	41	42	42,47	42,8	5 mmHG	< ±1	> 0,979	0,5495	Sim	
pO ₂ (mmHg)	71,08	70,08	71,69	69,69	16,90%	< ±1	> 0,981	0,9386	Sim	
Sódio (mmol/L)	140,21	139,64	140,21	140,21	4 mmol/L	< ±1	> 0,983	0,9988	Sim	
Potássio (mmol/L)	4,22	4,18	4,13	4,13	8,40%	< ±1	> 0,995	0,9200	Sim	
Cálcio iônico (mg/dL)	1,16	1,15	1,16	1,16	3,10%	< ±1	> 0,986	0,9963	Sim	
Glicose (mg/dL)	149,36	149,57	148,36	149,43	10%	< ±1	> 0,993	0,9988	Sim	
Lactato (mmol/L)	2,61	2,66	2,79	2,91	10%	< ±1	> 0,998	0,5668	Sim	
Hematócrito (%)	29,43	29,07	29,5	33	6%	< ±1	> 0,983	0,8356	Sim	

ETA – Erro Total Aceitável; T1 = Intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra; T2 = Intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico; T3 = Intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro; T4 = Intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado; (r) – coeficiente de correlação de Pearson.

A Tabela 8 demonstra os dados dos valores encontrados na dosagem dos parâmetros pH, pCO₂ e pO₂ em tempos de armazenamento distintos (dosagem basal e após 20, 40 e 60 minutos após coleta).

Tabela 8 - Resultados dos parâmetros pH, PCO₂ e pO₂ dosados em gasometrias colhidas em tempos de armazenamento distintos

PARÂMETRO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA	DP	CVa	r
pH - T0	7,13	7,51	7,38	0,11	1,50%	-
pH - T20	7,12	7,49	7,37	0,11	1,50%	0,993
pH - T40	7,1	7,49	7,36	0,11	1,50%	0,993
pH - T60	7,14	7,47	7,36	0,1	1,30%	0,993
pCO ₂ - T0	33	74	41	10,36	25,30%	-
pCO ₂ - T20	33	75	42	10,68	25,40%	0,987
pCO ₂ - T40	35	72	42,47	9,69	22,80%	0,985
pCO ₂ - T60	35	72	42,8	9,67	22,60%	0,979
pO ₂ - T0	31	112	71,08	26,01	36,60%	-
pO ₂ - T20	27	104	70,08	25,91	37,00%	0,986
pO ₂ - T40	32	110	71,69	24,59	34,30%	0,981
pO ₂ - T60	31	112	69,69	23,7	34,00%	0,986

DP – Desvio padrão; CVa – coeficiente de variação analítica; (r) – coeficiente de correlação de Pearson; T1 = Intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra; T2 = Intervalo de tempo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico; T3 = Intervalo de tempo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro; T4 = Intervalo de tempo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado.

5.6 DESEMPENHO DO EQUIPAMENTO DE *POINT-OF-CARE*

Os resultados do estudo de correlação entre os parâmetros dosados no equipamento TLR epoc® e no gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000), em 20 gasometrias arteriais testadas, estão apresentados nas Figuras 13 e 14 e Tabela 9.

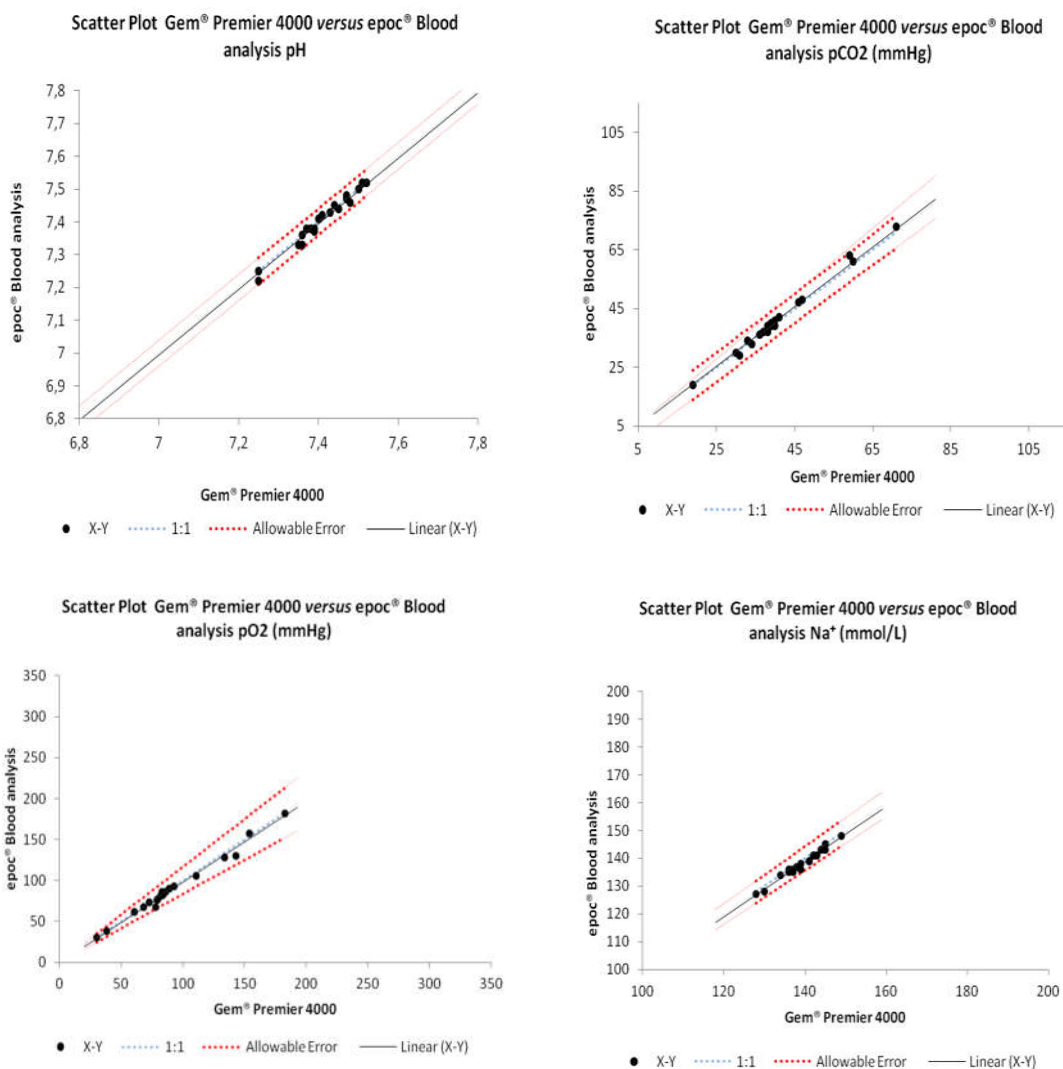


Figura 13 - Correlação entre os parâmetros (pH, pCO₂, pO₂ e sódio) dosados no equipamento epoc® e no gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000), em 20 gasometrias arteriais testadas no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

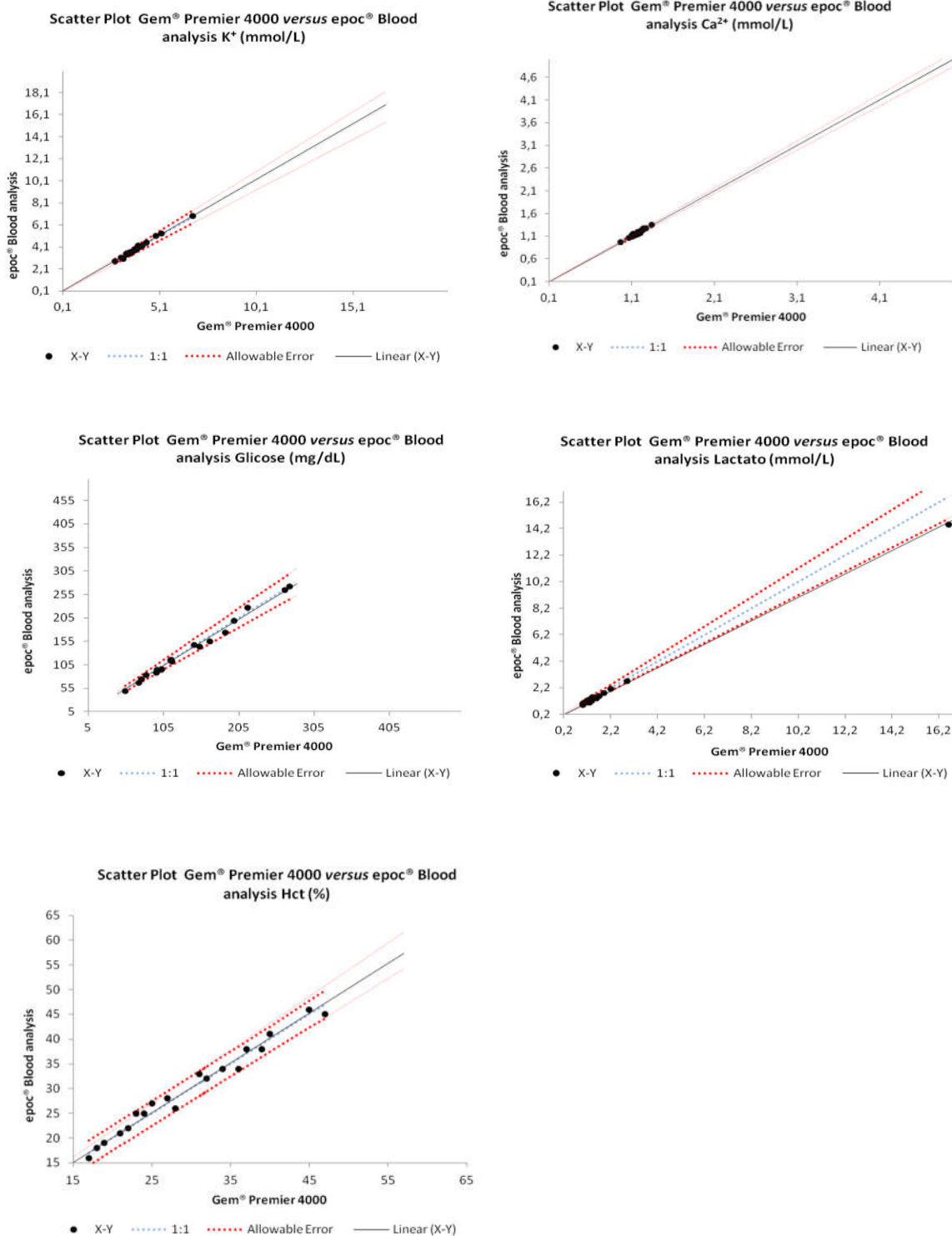


Figura 14 - Correlação entre os parâmetros (potássio, cálcio, glicose, lactato e hematócrito) dosados no equipamento epoc® e no gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000), em 20 gasometrias arteriais testadas no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

Tabela 9 - Comparação do desempenho analítico do equipamento TLR (epoc®) e do gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000) em 20 gasometrias arteriais testadas, no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

PARÂMETRO	R	ETA
pH	0,988	0,04 pH unit ¹
pCO ₂	0,997	5 mm Hg ¹
pO ₂	0,994	16,5% ¹
Sódio	0,989	4 mmol/L ¹
Potássio	0,996	8,4% ²
Cálcio	0,976	3,1% ²
Glicose	0,997	10% ¹
Lactato	1,000	10% ²
Hematócrito	0,989	6% ¹

(r) - coeficiente de correlação de Pearson; ETA – Erro Total Aceitável; ¹Especificações do CLIA;

² Especificações da Tabela de Variação Biológica

A Tabela 10 mostra a comparação do TAT total observado nas gasometrias processadas pelo gasômetro do serviço (GEM® Premier 4000) e por TLR (equipamento epoc®). Houve redução de 68% do TAT total (T1+T2+T3+T4) das gasometrias via TLR ($p < 0,01$). Desconsiderando o intervalo de tempo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra (T1), houve redução de 93,4% do TAT das gasometrias feitas via TLR (4'12'') em relação ao processamento habitual do serviço (60'48'').

Tabela 10 - Tempo médio* dos quatro intervalos do processo laboratorial das gasometrias processadas por TLR (epoc®) e equipamento padrão (GEM® Premier 4000), no Serviço de Medicina Laboratorial do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

INTERVALO	GASÔMETRO	
	Teste Laboratorial Remoto (n=70)	Equipamento padrão (n=242)
T1	25'10''	30'38''
T2	0	19'36''
T3	0	11'34''
T4	4'12''	29'38''
Total	29'22''	91'26''

*Resultados expressos em ' (minutos) e '' (segundos)

N representa número de amostras incluídas no trabalho

T1 = Intervalo decorrido entre a solicitação do exame e a coleta da amostra

T2 = Intervalo decorrido entre a coleta da amostra até a entrega da mesma no setor técnico

T3 = Intervalo decorrido entre a entrega da amostra no setor técnico até o processamento no gasômetro

T4 = Intervalo decorrido entre o processamento da amostra até a liberação do resultado

6 DISCUSSÃO

O estudo foi baseado na metodologia D.MA.I.C., pois a partir da avaliação da situação atual, foi possível estabelecer propostas de melhorias e solução dos problemas. Ações de controle e monitoramento são essenciais para o sucesso desta ferramenta e tem como princípio a evolução contínua. Com esta proposta foi possível identificar os desperdícios no processo laboratorial da gasometria do SML do HC/UFMG e através de ações propostas por profissionais do próprio serviço foi garantido o envolvimento e comprometimento na execução das mesmas.

Os resultados das análises laboratoriais, assim como os achados clínicos são essenciais para o diagnóstico, tratamento ou monitoramento adequados. A gasometria pode influenciar no tempo médio de permanência do paciente na instituição de saúde e no desempenho assistencial. Sabe-se que um diagnóstico seguro e rápido tem reflexo no desfecho clínico do paciente. Lamentavelmente, nem sempre o tempo de liberação dos resultados das gasometrias atende às necessidades do médico assistencial, tampouco do paciente. Sabe-se que além do tempo de liberação, há riscos relacionados à estabilidade da amostra, que comprometem a qualidade e representatividade dos resultados [4, 12].

O mapeamento do processo foi baseado nas solicitações de rotina e urgência, plantões diurno, noturno, dias úteis e finais de semana, inclusive feriados. Assim foi possível verificar a rotina do SML do HC/UFMG de maneira global, ou seja, colhendo dados inclusive da atuação de diferentes equipes de trabalho.

Mesmo não sendo objetivo de estudo no presente trabalho, foi observada divergência de qualidade e produtividade entre as três equipes que compõem o quadro de funcionários da coleta hospitalar do HC/UFMG. Cada equipe tinha quatro funcionários com diferentes vínculos: estatutários (UFMG) ou contrato celetista (FUNDEP – Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa). A partir do segundo semestre de 2015, houve mudanças nessas equipes, devido à saída de vários funcionários com o vínculo FUNDEP. Parte dessa equipe foi substituída por profissionais da Enfermagem, parte ficou continuou sem reposição, comprometendo o processo laboratorial da gasometria.

No mapeamento do processo laboratorial de 242 gasometrias no HC/UFMG, foi observado que demora no atendimento das solicitações médicas, bem como no tempo de liberação dos resultados, gerando insatisfação do corpo clínico. Esse tempo prolongado pode comprometer a qualidade da amostra, além do descumprimento do acordo de gestão entre o SML do e a Diretoria HC/UFMG. Tais fatos justificaram a necessidade de revisão dos processos de trabalho, visando otimização das etapas pré-analítica, analítica e pós-analítica.

Na literatura, vários trabalhos descrevem a importância da análise situacional para que medidas baseadas na filosofia *Lean* possam ser implantadas, visando principalmente mudanças e redesenho dos processos de trabalho [22, 46].

No presente trabalho, o mapeamento do processo laboratorial das gasometrias possibilitou determinar etapas e atividades que impactam negativamente no tempo de atendimento total do exame da gasometria. Estas atividades que não agregam valor foram chamadas de desperdícios e devem ser eliminadas ou, dependendo dos casos, revistas, visando otimização do trabalho [7, 19, 20, 46].

Com o mapeamento do processo laboratorial da gasometria foi possível identificar que a etapa pré-analítica representa maior impacto no TAT total. Diferentes desperdícios foram verificados, dentre eles: falta de padronização das atividades pelas diferentes equipes de trabalho; tempo dispensado para realização de atividades e demora no atendimento das solicitações para coleta. No caso das gasometrias de urgência, pelo fato de ser fora dos horários previamente estabelecidos na rotina, houve maior demora no atendimento. Outro fato importante é a ausência de sinalização adequada no SIL do SML do HC/UFMG para os pedidos de urgência. Nesses casos, é comum o acionamento dos flebotomistas via telefonema.

O SML possui acordo firmado em contrato de gestão com a Diretoria do HC/UFMG, sendo o atendimento das solicitações de gasometria em até 40 minutos um indicador estratégico. Foi observado que essa meta é alcançada frequentemente para as solicitações de urgência, mas raramente para as solicitações de rotina. Isso porque, no caso da rotina, a equipe de coleta realiza a coleta de todos os pacientes da unidade assistencial (algumas distantes da área técnica, como a UTI do Pronto Socorro, que fica no andar térreo) antes da entrega no setor técnico para análise (situado no 3º andar). Já nas urgências, a equipe de coleta, ou até mesmo

os responsáveis pelo transporte de amostra (nos plantões diurno em dias úteis), habitualmente entregam as amostras no setor técnico logo após a realização da coleta.

A partir das respostas da pesquisa de satisfação do corpo clínico, foi possível identificar a percepção e satisfação dos médicos assistenciais quanto ao processo laboratorial da gasometria do SML do HC/UFMG. Esta etapa foi primordial para o mapeamento do processo e condução das ações propostas.

A insatisfação com o tempo de coleta e entrega dos resultados foi notória. A literatura descreve que as gasometrias devem ser processadas até 15 a 20 minutos após a coleta, visando garantir a representatividade da amostra. A demora do processamento no presente trabalho pareceu não impactar na estabilidade da amostra, tendo como base o grau de satisfação do corpo clínico com os resultados liberados. Mesmo assim, optou-se por pesquisar o efeito do tempo de armazenamento na estabilidade dos parâmetros da gasometria.

De acordo com Howanitz (2001), Berlitz (2011) e Collinson *et al.* (2005) todos os processos que envolvem a realização de um exame laboratorial seriam passíveis de otimização, principalmente os relacionados à tecnologia para: solicitação *online* dos exames laboratoriais, identificação automática das amostras biológicas, agilidade no transporte das amostras (por ex. tubos pneumáticos), interface e disponibilização de resultados via dispositivos móveis (por ex. telefones celulares ou *tablets*). Tais investimentos mostraram-se eficazes na diminuição do tempo de entrega dos resultados [38, 46, 113]

No presente trabalho, a formação de grupos de trabalho para sugestão de ações a serem desenvolvidas e implantadas foi uma estratégia importante, pois possibilitou que os servidores envolvidos diretamente no processo laboratorial pudessem participar ativamente das propostas de mudanças. Um princípio do *Lean* é que as soluções dos problemas venham da própria área envolvida, pois isso garante que as propostas de melhorias tenham maior chance de sucesso e que sejam, de fato, concluídas [20, 114, 115].

Na literatura, pesquisadores já desenvolveram ações semelhantes em outras instituições de saúde, dentre elas a aplicação de regras e critérios de liberação automática dos resultados, bem como o uso de equipamentos a beira leito, os chamados TLR [114, 116].

Além dos aspectos teóricos, pode-se observar na gestão em saúde particularidades e desafios a serem enfrentados na rotina diária. Estes precisam ser administrados para que o impacto no desempenho seja minimizado [53]. Outro ponto a ser lembrado refere-se à possibilidade de cobertura da coleta por outros profissionais capacitados, como por exemplo técnicos de enfermagem ou enfermeiros, que teria impacto positivo no desenvolvimento de novos processos.

Com o mapeamento do processo da gasometria, a condução dos grupos de trabalho e os resultados da pesquisa de satisfação do corpo clínico foi possível identificar oportunidades de melhorias nas etapas pré-analítica, analítica e pós-analítica. Ações simples, mas com grande impacto no resultado final do TAT total foram implantadas sem recursos financeiros, ou seja, utilizando a própria infraestrutura do SML do HC/UFMG.

Na etapa pré-analítica, foi possível padronizar rotina de trabalho entre as equipes de plantonistas da coleta e setor técnico. Também houve a interação com a equipe de tecnologia da informação do serviço, que configurou sinais de alerta para destacar as solicitações de gasometria no SIL, visando redução do tempo de atendimento às solicitações.

Na etapa analítica, a implantação de um terceiro equipamento, este exclusivo para dosagens de cálcio iônico, foi sugerida e executada na nova licitação do gasômetro, visando redução do tempo de processamento das amostras. O processamento das amostras na mesma ordem de coleta também objetivou redução do TAT.

Algumas ações que exigiam interação com outros serviços, como por exemplo mudanças no horário de coleta, ou até mesmo reorganização de pessoal do SML sugeridas foram canceladas, principalmente por redução no quadro de servidores da equipe de coleta hospitalar e setor técnico.

É sabido que o tempo entre a coleta e o processamento das amostras para gasometria é importante e pode impactar diretamente nos resultados. Scott *et al* (1971) observaram que o resultado de pO_2 variou até 16% no período de 30 a 60 minutos em função da troca gasosa ocorrida entre os a amostra na seringa e o ar atmosférico. Por outro lado, Beaulieu *et al* (1999) relataram que as amostras de gasometria, desde que armazenadas em gelo, poderiam ser

processadas até 30 minutos, sem impactos nos resultados de pO₂ e até 60 minutos, sem impacto para pCO₂ e pH.. [12, 76, 87].

Diferentes trabalhos na literatura recomendam que o prazo ideal para análise das amostras de gasometria deve ocorrer em, no máximo, 15-20 minutos após coleta. Entretanto, esse período ainda é controverso. Uma provável explicação seria a diversidade metodológica observada nos trabalhos: tempo de armazenamento, temperatura, material da seringa, número de seringas coletadas por paciente e tipo de anticoagulante, são alguns fatores que podem influenciar nos resultados finais. [12, 117].

No presente trabalho, as amostras foram colhidas no mesmo momento e em quatro seringas de plástico contendo heparina lítica por paciente. Elas foram armazenadas em temperatura ambiente (25°C) e devidamente fechadas para se evitar contato com oxigênio atmosférico, cada amostra só foi manipulada no momento da dosagem. Trabalho semelhante de Holod *et al* (2011), que também coletaram diferentes amostras por paciente, não houve diferença significativa nos resultados das gasometrias quando processadas até 120 minutos após a coleta, sob refrigeração. Diferentemente, Smajić *et al* (2015) utilizaram uma única amostra por paciente, e relataram que seus resultados possivelmente sofreram contaminação do ar atmosférico após aberturas sucessivas do frasco para as análises seriadas [12, 117].

Com base no TAT pré-analítico do SML do HC/UFMG, cujas gasometrias demoram a ser encaminhadas ao setor técnico e posteriormente processadas no gasômetro, a realização do presente trabalho foi importante para validar a garantia da estabilidade dos parâmetros da gasometria quando dosados até 60 minutos após a coleta. Tal achado também pode ser validado pela opinião do corpo clínico do HC/UFMG, pois mesmo insatisfeitos com a demora dos resultados, há confiabilidade nos laudos liberados.

No HC/UFMG, a implantação da autoverificação e liberação automática dos resultados da gasometria ocorreram no final de janeiro. Isso porque nos meses anteriores outros parâmetros bioquímicos estavam sendo autoverificados.

A literatura é carente de trabalhos que detalham o passo a passo da autoverificação para resultados de gasometria. Alguns sugerem estabelecimento de regras baseadas em limites máximo e mínimo definidos pelo cálculo do CRV - *reference change value* -, outros

recomendam a comparação com resultados anteriores, via *delta check*. Há também autores que optam por limitar a autoverificação com base nos resultados críticos.

Por se tratar de um resultado complexo, que contém vários parâmetros e que também pode sofrer grandes alterações diárias dependendo da clínica do paciente, as regras propostas no presente trabalho para autoverificação dos resultados da gasometria também foram definidas, inicialmente, a partir dos limites críticos.

O percentual de exames autoverificados, inicialmente de 26,5% das gasometrias arteriais, naturalmente será aumentado, à medida que os exames retidos sejam analisados com cautela. Conforme o índice de liberação manual, ajustes nos limites e regras no SIL serão conduzidos. Além de possibilitar a redução do TAT da fase pós analítica, outras vantagens da autoverificação são a padronização dos resultados liberados e, principalmente, a segurança ao paciente. Haja vista que boa parte dos exames passam a ser liberados automaticamente, os profissionais do laboratório poderão se dedicar a liberação mais criteriosa daqueles resultados que realmente merecem atenção.

Quanto ao equipamento de TLR ou *point-of-care* avaliado, foi observado um bom desempenho em relação ao gasômetro padrão do laboratório. Optou-se por avaliar o processo laboratorial da gasometria em 70 dosagens laboratoriais, e não apenas as 20 dosagens padrão para os estudos de desempenho e validação analítica.

Conforme esperado, houve redução significativa do TAT global das gasometrias via TLR. Isso porque não há etapas T2 e T3 do processo laboratorial, ou seja, não há transporte e nem entrada da amostra no setor técnico, pois o teste é feito à beira do leito. Entretanto, ainda sim houve demora na etapa T1, ou seja, no atendimento das solicitações de coleta com o TLR. Já a etapa T4, do processamento à entrega dos resultados, foi reduzida, haja vista que o resultado é imediatamente reportado ao médico solicitante.

A principal vantagem dos TRL é traduzida na rapidez do conhecimento do resultado, trazendo impactos positivos na assistência aos pacientes, principalmente nos casos críticos. Outra vantagem é o fato do manuseio do equipamento ser realizado por profissionais da equipe assistencial, não precisando, portanto aguardar a chegada do profissional do laboratório. Por

outro lado, cabe ao laboratório ser o responsável pela gestão e análise dos aspectos da qualidade do equipamento, os processos de validação e manutenção.

Embora o equipamento tenha um custo por teste superior ao equipamento central, os benefícios e custos indiretos relacionados à assistência e monitoramento do paciente são relevantes. Embora não faça parte do presente estudo, foram observados que o custo de cada gasometria processada no epoc® foi de aproximadamente R\$40,00, ao passo que no equipamento padrão do laboratório, cada gasometria tem custo aproximado de R\$10,00. A este custo adiciona-se o valor da locação e contrato de manutenção do equipamento, materiais necessários para realização de coleta e transporte das amostras, dentre outras despesas gerais.

O presente trabalho apresentou algumas limitações, a saber:

- Demora na etapa de mapeamento dos processos da gasometria, que ocorreu durante quatro meses. Tal atividade foi conduzida por um único observador, que acompanhou todos os processos das gasometrias solicitadas na rotina e urgência, ao longo das 24 horas, durante todos os dias da semana, incluindo plantões noturnos e feriados. Tal esforço, embora tenha contribuído com atraso na análise situacional, foi bem conduzido e mostrou-se representativo da realidade do serviço;
- Dificuldade na obtenção de resultados reais do TAT em cada uma das quatro etapas do processo laboratorial avaliadas. Os dados disponibilizados pelo programa BI (*Business intelligence*) implantado pelo fornecedor (MATRIX®) só possibilitou relatórios com percentual ou quantidade de exames liberados por intervalos de tempo de forma global, não computando especificamente cada período;
- Dificuldade de por em prática todos os processos de melhorias sugeridos pela equipe, principalmente aqueles que necessitam da aprovação de outros serviços, como por exemplo, alteração do horário e fluxo de coleta nos ambientes fechados: CTI pediátrico, neonatologia, CTI adulto, Sala de Emergência e Unidade Coronariana;
- Redução do quadro de funcionários da equipe de coleta hospitalar, principalmente os vinculados à FUNDEP. Essa redução impactou negativamente na qualidade do serviço da

- coleta hospitalar, resultando em diminuição das equipes de plantão e conseqüentemente, no tempo de atendimento das solicitações de coleta;
- Troca de equipe de coleta hospitalar por profissionais inexperientes ou ainda em fase de treinamento. Como alternativa para completar as equipes da coleta hospitalar, parte dos profissionais da Enfermagem se propuseram a dar plantões na coleta, via APH - adicional de plantão hospitalar. Embora todos tenham passado por um treinamento prévio, pelo fato da gasometria ser uma coleta mais especializada, foi evidente o tempo de demora no atendimento dessas coletas. Embora dignos de nota, esses dados não puderam ser computados metodologicamente e, por isso, não foram incluídos no presente trabalho;
 - Equipe limitada para parametrização das regras de autoverificação da gasometria no SIL e no *middleware*. A liberação automática da gasometria só foi implantada no final de janeiro de 2016. A falta de um ambiente teste para simulação das regras de autoverificação também foi um fator limitante, já que a mesma foi implantada durante as rotinas diárias do serviço;
 - Por limitações técnicas, não foi possível realizar estudo de custo-efetividade do aparelho gasômetro via TLR no serviço. Portanto, esse parâmetro, que inicialmente seria mais um objetivo específico do trabalho, foi excluído;
 - Encerramento de contrato com abertura de nova licitação para aquisição/contratação de novo equipamento para dosagem das gasometrias. Apesar de ter sido incluído terceiro equipamento na rotina do laboratório, a disponibilidade dos novos aparelhos ficou prejudicada durante o processo de validação.
 - Problemas relacionados à infraestrutura inadequada, limitação de recursos financeiros, escassez de mão de obra qualificada, paralisação (greve) de funcionários foram outros inúmeros desafios enfrentados no cotidiano do SML do HC/UFMG.

7 CONCLUSÕES

- O mapeamento do processo laboratorial das gasometrias foi realizado nos exames de rotina e urgência e os resultados demonstraram necessidade de otimização do fluxo de trabalho, visando principalmente a redução do TAT das etapas pré e pós-analíticas.

- O corpo clínico das Unidades de Terapia Intensiva do HC/UFMG mostraram-se confiantes nos resultados das gasometrias, porém insatisfeitos com a demora no atendimento da coleta e na liberação dos resultados.

- Diferentes intervenções nos processos das gasometrias com foco no tempo de atendimento total foram propostas, visando redução dos desperdícios.

- Critérios de autoverificação de resultados da gasometria foram criados e implantados, reduzindo em 26,5% a liberação manual de resultados.

- Houve estabilidade das amostras de gasometria quando processadas até 60 minutos após a coleta.

- O equipamento de *point-of-care* demonstrou bom desempenho analítico em relação ao equipamento do serviço e reduziu em 68% o tempo de atendimento total das gasometrias.

Concluindo, foi possível otimizar as etapas pré-analíticas, analíticas e pós-analíticas e reduzir o tempo de entrega dos resultados das gasometrias no serviço, por meio de intervenções e mudanças nos processos de trabalho, seguindo os princípios da filosofia *Lean Healthcare*.

8 PERSPECTIVAS FUTURAS

- Mapear continuamente os processos laboratoriais das gasometrias, para avaliar a eficácia das mudanças de trabalho propostas, bem como corrigir os desperdícios detectados e promover educação continuada com os profissionais envolvidos.
- Rever os critérios de autoverificação das gasometrias arteriais e implantar a liberação automática para as gasometrias venosas
- Realizar um estudo de viabilidade econômica e financeira visando implantação de um TLR para gasometrias no SML do HC/UFGM
- Revisão da meta estabelecida entre o SML e a Diretoria do HC/UFGM, com possível redução do prazo de 40 minutos para liberação dos resultados das gasometrias.
- Estudar os outros fatores pré-analíticos, além do tempo de armazenamento, que também poderiam interferir nos resultados das gasometrias, como por exemplo: o tipo de material dos recipientes de coleta (plástico *versus* vidro), uso de anticoagulantes (natureza *versus* volume) e condições de armazenamento (temperatura ambiente *versus* refrigeração).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BENETEAU-BURNAT, B., et al., Evaluation of the GEM Premier 4000: a compact blood gas CO-Oximeter and electrolyte analyzer for point-of-care and laboratory testing. *Clin Chem Lab Med*, 2008. **46**(2): p. 271-9.
2. BAIRD, G., Preanalytical considerations in blood gas analysis. *Biochem Med (Zagreb)*, 2013. **23**(1): p. 19-27.
3. VIEGAS, C., Gasometria arterial. *J Pneumol*, 2002. **28**(3): p. 233-238.
4. ASHAVAID, T.F., et al., Influence of blood specimen collection method on various preanalytical sample quality indicators. *Indian J Clin Biochem*, 2008. **23**(2): p. 144-9.
5. HEDBERG, P., et al., Potential preanalytical errors in whole-blood analysis: effect of syringe sample volume on blood gas, electrolyte and lactate values. *Scand J Clin Lab Invest*, 2009. **69**(5): p. 585-91.
6. TAMMEN, H., Specimen collection and handling: standardization of blood sample collection. *Methods Mol Biol*, 2008. **428**: p. 35-42.
7. PLEBANI, M.; P. CARRARO, Mistakes in a stat laboratory: types and frequency. *Clin Chem*, 1997. **43**(8 Pt 1): p. 1348-51.
8. HARSTEN, A., et al., Importance of correct handling of samples for the results of blood gas analysis. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1988. **32**(5): p. 365-8.
9. HAWKINS, R.C., Laboratory turnaround time. *Clin Biochem Rev*, 2007. **28**(4): p. 179-94.
10. BREIL, B., et al., Mapping turnaround times (TAT) to a generic timeline: a systematic review of TAT definitions in clinical domains. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2011. **11**: p. 34.
11. SRISAN, P., et al., Effects of temperature and time delay on arterial blood gas and electrolyte measurements. *J Med Assoc Thai*, 2011. **94 Suppl 3**: p. S9-14.
12. SMAJIC, J., et al., Effects of post-sampling analysis time, type of blood samples and collection tubes on values of blood gas testing. *Med Glas (Zenica)*, 2015. **12**(2): p. 108-12.
13. PRETTO; ROCHFORD, Effects of sample storage time, temperature and syringe type on blood gas tensions in samples with high oxygen partial pressures. *Thorax*, 1994. **49**(6): p. 610-2.
14. BOELSTLER, A.M., et al., Decreasing troponin turnaround time in the emergency department using the central laboratory: A process improvement study. *Clin Biochem*, 2015. **48**(4-5): p. 308-12.
15. HOLLAND; SMITH; BLICK, Reducing laboratory turnaround time outliers can reduce emergency department patient length of stay: an 11-hospital study. *Am J Clin Pathol*, 2005. **124**(5): p. 672-4.
16. GOSWAMI, B., et al., Turn Around Time (TAT) as a Benchmark of Laboratory Performance. *Indian J Clin Biochem*, 2010. **25**(4): p. 376-9.
17. ANTAL-SZALMAS, P., et al., ["Turnaround time": a new parameter for the characterization of the overall efficacy of laboratory diagnostic processes]. *Orv Hetil*, 2007. **148**(28): p. 1317-27.
18. KIM, C.S., et al., Lean Health Care: What Can Hospitals Learn from a World-Class Automaker? *Journal of Hospital Medicine*, 2006. **1**(3): p. 191-199.
19. MELANSON, S.E., et al., Applying Lean/Toyota production system principles to improve phlebotomy patient satisfaction and workflow. *Am J Clin Pathol*, 2009. **132**(6): p. 914-9.
20. BERTANI, T., Lean healthcare: recomendações para implantações dos conceitos de produção enxuta em ambientes hospitalares. Dissertação (Mestrado em Engenharia de

- Produção) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, São Carlos., 2012: p. 166.
21. PORTER, M.E., What Is Value in Health Care? *The New England Journal of Medicine*, 2010. **363**(26): p. 2477-2481.
 22. HAYES, K.J., et al., Applying lean flows in pathology laboratory remodelling. *J Health Organ Manag*, 2014. **28**(2): p. 229-46.
 23. KIENINGER, M., et al., [Optimization of blood gas analysis in intensive care units : Reduction of preanalytical errors and improvement of workflow]. *Anaesthesist*, 2015. **64**(5): p. 365-72.
 24. D'ANDREAMATTEO, A., et al., Lean in healthcare: A comprehensive review. *Health Policy*, 2015.
 25. KELLER, T.P.P., *The Six Sigma Handbook*. 4th ed. 2014. 704.
 26. TRISOLINI, M.G., Applying business management models in health care. *Int J Health Plann Manage*, 2002. **17**(4): p. 295-314.
 27. FLEMING, N.S., Applying total quality management (TQM) to health care administration. *Med Group Manage J*, 1994. **41**(1): p. 42, 46-51, 81.
 28. KIM; JOHNSON, Implementing total quality management in the health care industry. *Health Care Superv*, 1994. **12**(3): p. 51-7.
 29. LAMMERS, J.C., et al., Total quality management in hospitals: the contributions of commitment, quality councils, teams, budgets, and training to perceived improvement at Veterans Health Administration hospitals. *Med Care*, 1996. **34**(5): p. 463-78.
 30. TAO, Z., Process Reengineering for Quality Improvement in ICU Based on Taylor's Management Theory. *Cell Biochem Biophys*, 2014.
 31. YENICE, S., Implementing a resource management program for accreditation process at the medical laboratory. *Clin Biochem*, 2009. **42**(4-5): p. 266-73.
 32. RUSSOM, D., et al., Implementation of a configurable laboratory information management system for use in cellular process development and manufacturing. *Cytotherapy*, 2012. **14**(1): p. 114-21.
 33. BECKER, J. and H. Rhodes, Enterprise project management is key to success: addressing the people, process and technology dimensions of healthcare. *J Healthc Inf Manag*, 2007. **21**(3): p. 61-6.
 34. HOFFER, A., BPM: antidote to inefficiency. Business process management serves as a foundation for effective workflow automation in healthcare. *Health Manag Technol*, 2003. **24**(1): p. 40-3.
 35. ANDERSSON; HALLBERG; TIMPKA, A model for interpreting work and information management in process-oriented healthcare organisations. *Int J Med Inform*, 2003. **72**(1-3): p. 47-56.
 36. VIEIRA, J.G.H., Avaliação dos Potenciais Problemas Pré-Analíticos e Metodológicos em Dosagens Hormonais. *Arq Bras Endocrinol Metab*, 2002. **46**(1): p. 9-15.
 37. HAWKINS, R., Managing the pre- and post-analytical phases of the total testing process. *Ann Lab Med*, 2012. **32**(1): p. 5-16.
 38. HOWANITZ; HOWANITZ, Laboratory results. Timeliness as a quality attribute and strategy. *Am J Clin Pathol*, 2001. **116**(3): p. 311-5.
 39. REDDEN; BANKS, Inside the audit and RAC preparation process at Norton Healthcare. *Healthc Financ Manage*, 2010. **64**(9): p. 90-2, 94.
 40. IVERS, N., et al., Audit and feedback: effects on professional practice and healthcare outcomes. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012. **6**: p. CD000259.
 41. SEDDON; BUCHANAN; EPIQ, Quality improvement in New Zealand healthcare. Part 3: achieving effective care through clinical audit. *N Z Med J*, 2006. **119**(1239): p. U2108.

42. BUETOW; COSTER, Is New Zealand according too much importance to continuous quality improvement in healthcare? *N Z Med J*, 2004. **117**(1198): p. U979.
43. BUCHANAN, J., et al., Quality improvement in New Zealand healthcare. Part 4: achieving effective care through clinical indicators. *N Z Med J*, 2006. **119**(1240): p. U2131.
44. PERKINS, R., et al., Quality improvement in New Zealand healthcare. Part 5: measurement for monitoring and controlling performance--the quest for external accountability. *N Z Med J*, 2006. **119**(1241): p. U2149.
45. KHALIFA; KHALID, Improving laboratory results turnaround time by reducing pre analytical phase. *Stud Health Technol Inform*, 2014. **202**: p. 71-4.
46. BERLITZ, F.A., Análise crítica de experiência com redesenho de processos em um laboratório clínico. *J Bras Patol Med Lab*, 2011. **47**(3): p. 257-269.
47. STEINDEL; HOWANITZ, Physician satisfaction and emergency department laboratory test turnaround time. *Arch Pathol Lab Med*, 2001. **125**(7): p. 863-71.
48. AHERNE; WHELTON, Applying lean in healthcare : a collection of international case studies. 2010, Boca Raton: CRC Press. vii, 239 p.
49. TOUSSAINT; BERRY, The promise of Lean in health care. *Mayo Clin Proc*, 2013. **88**(1): p. 74-82.
50. JIMMERSON; WEBER; SOBEK, Reducing waste and errors: piloting lean principles at Intermountain Healthcare. *Jt Comm J Qual Patient Saf*, 2005. **31**(5): p. 249-57.
51. LAWAL, A.K., et al., Lean management in health care: definition, concepts, methodology and effects reported (systematic review protocol). *Syst Rev*, 2014. **3**: p. 103.
52. VILLA, D., Automation, Lean, Six sigma: Synergies for Improving Laboratory Efficiency. *J Med Biochem*, 2010. **29**(4): p. 339-348.
53. JORMA, T., et al., LEAN thinking in Finnish healthcare. *Leadersh Health Serv (Bradf Engl)*, 2016. **29**(1): p. 9-36.
54. HARRISON, H.H., The last word on the LEAN laboratory? *MLO Med Lab Obs*, 2014. **46**(4): p. 7.
55. CLARK, D.M., K. Silvester, and S. Knowles, Lean management systems: creating a culture of continuous quality improvement. *J Clin Pathol*, 2013. **66**(8): p. 638-43.
56. BUSH, R.W., Reducing waste in US health care systems. *JAMA*, 2007. **297**(8): p. 871-4.
57. HALLIGAN; ZECEVIC, Safety culture in healthcare: a review of concepts, dimensions, measures and progress. *BMJ Qual Saf*, 2011. **20**(4): p. 338-43.
58. KALRA, J., Medical errors: impact on clinical laboratories and other critical areas. *Clin Biochem*, 2004. **37**(12): p. 1052-62.
59. DREACHSLIN; LEE, Applying Six Sigma and DMAIC to diversity initiatives. *J Healthc Manag*, 2007. **52**(6): p. 361-7.
60. LEAPHART, C.L., et al., Formal quality improvement curriculum and DMAIC method results in interdisciplinary collaboration and process improvement in renal transplant patients. *J Surg Res*, 2012. **177**(1): p. 7-13.
61. KUMAR; THOMAS, Utilizing DMAIC six sigma and evidence-based medicine to streamline diagnosis in chest pain. *Qual Manag Health Care*, 2010. **19**(2): p. 107-16.
62. SOUTHARD; CHANDRA; KUMAR, RFID in healthcare: a Six Sigma DMAIC and simulation case study. *Int J Health Care Qual Assur*, 2012. **25**(4): p. 291-321.
63. CARTER, P.M., et al., Optimizing clinical operations as part of a global emergency medicine initiative in Kumasi, Ghana: application of Lean manufacturing principals to low-resource health systems. *Acad Emerg Med*, 2012. **19**(3): p. 338-47.
64. SCHWEIKHART; DEMBE, The applicability of Lean and Six Sigma techniques to clinical and translational research. *J Investig Med*, 2009. **57**(7): p. 748-55.

65. YERIAN, L.M., et al., A collaborative approach to lean laboratory workstation design reduces wasted technologist travel. *Am J Clin Pathol*, 2012. **138**(2): p. 273-80.
66. BURNS, G.P., Arterial blood gases made easy. *Clin Med (Lond)*, 2014. **14**(1): p. 66-8.
67. LARKIN; ZIMMANCK, Interpreting Arterial Blood Gases Successfully. *AORN J*, 2015. **102**(4): p. 343-54; quiz 355-7.
68. GRASAS, A., et al., On the improvement of blood sample collection at clinical laboratories. *BMC Health Serv Res*, 2014. **14**: p. 12.
69. REASON, J., Human error: models and management. *West J Med*, 2000. **172**(6): p. 393-6.
70. KIM, J.K., et al., Standardized patient identification and specimen labeling: a retrospective analysis on improving patient safety. *J Am Acad Dermatol*, 2013. **68**(1): p. 53-6.
71. CAMPBELL, K., et al., Improving Quality and Safety through Positive Patient Identification. *Healthc Q*, 2015. **18**(3): p. 56-60.
72. WAGAR, E.A., et al., Patient safety in the clinical laboratory: a longitudinal analysis of specimen identification errors. *Arch Pathol Lab Med*, 2006. **130**(11): p. 1662-8.
73. DAVIS, M.D., et al., AARC clinical practice guideline: blood gas analysis and hemoximetry: 2013. *Respir Care*, 2013. **58**(10): p. 1694-703.
74. WINKLER, J.B., et al., Influence of syringe materials on arterial blood gas determinations. *Chest*, 1974. **66**(5): p. 518-21.
75. CAMPBELL, J.H., et al., Arterial blood gas sampling using a modified standard plastic syringe. *Br J Clin Pract*, 1990. **44**(3): p. 96-7.
76. SMEENK, F.W., et al., Effects of four different methods of sampling arterial blood and storage time on gas tensions and shunt calculation in the 100% oxygen test. *Eur Respir J*, 1997. **10**(4): p. 910-3.
77. SCOTT; HORTON; MAPLESON, Leakage of oxygen from blood and water samples stored in plastic and glass syringes. *Br Med J*, 1971. **3**(5773): p. 512-6.
78. LIMA-OLIVEIRA, G., et al., Different manufacturers of syringes: a new source of variability in blood gas, acid-base balance and related laboratory test? *Clin Biochem*, 2012. **45**(9): p. 683-7.
79. KUME, T., et al., The effects of different syringe volume, needle size and sample volume on blood gas analysis in syringes washed with heparin. *Biochem Med (Zagreb)*, 2012. **22**(2): p. 189-201.
80. NEWMAN, B.H., Arterial puncture phlebotomy in whole-blood donors. *Transfusion*, 2001. **41**(11): p. 1390-2.
81. DEV; HILLMER; FERRI, Videos in clinical medicine. Arterial puncture for blood gas analysis. *N Engl J Med*, 2011. **364**(5): p. e7.
82. LEONE; MISURI; CONSOLE, Radial artery pseudoaneurysm after a single arterial puncture for blood-gas analysis: a case report. *Cases J*, 2009. **2**: p. 6890.
83. ZAMAN; DEMEDTS, Blood gas analysis: POCT versus central laboratory on samples sent by a pneumatic tube system. *Clin Chim Acta*, 2001. **307**(1-2): p. 101-6.
84. MADIEDO; SCIACCA; HAUSE, Air bubbles and temperature effect on blood gas analysis. *J Clin Pathol*, 1980. **33**(9): p. 864-7.
85. LU, J.Y., et al., Effects of air bubbles and tube transportation on blood oxygen tension in arterial blood gas analysis. *J Formos Med Assoc*, 2003. **102**(4): p. 246-9.
86. LISS; PAYNE, Stability of blood gases in ice and at room temperature. *Chest*, 1993. **103**(4): p. 1120-2.
87. BEAULIEU; LAPOINTE; VINET, Stability of PO₂, PCO₂, and pH in fresh blood samples stored in a plastic syringe with low heparin in relation to various blood-gas and hematological parameters. *Clin Biochem*, 1999. **32**(2): p. 101-7.

88. BURNETT, R.W., et al., International Federation of Clinical Chemistry (IFCC), Scientific Division. Committee on pH. Blood Gases and Electrolytes. IFCC method (1988) for tonometry of blood: reference materials for pCO₂ and pO₂. *J Clin Chem Clin Biochem*, 1989. **27**(6): p. 403-8.
89. TOFFALETTI, J.G., et al., Validation of a quality assessment system for blood gas and electrolyte testing. *Clin Chim Acta*, 2007. **382**(1-2): p. 65-70.
90. SHALI; RANGA, Accuracy: key word in quality control in clinical chemistry. *Indian J Pathol Microbiol*, 2001. **44**(2): p. 95-6.
91. INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL CHEMISTRY. Provisional recommendation on quality control in clinical chemistry. Part 6. Quality requirements from the point of view of health care. *Clin Chim Acta*, 1977. **74**(2): p. F1-F9.
92. BISHOP; NIX, Comparison of quality-control rules used in clinical chemistry laboratories. *Clin Chem*, 1993. **39**(8): p. 1638-49.
93. WESTGARD; ORYALL; KOCH, Predicting effects of quality-control practices on the cost-effective operation of a stable, multitest analytical system. *Clin Chem*, 1990. **36**(10): p. 1760-4.
94. THOLEN, D.W., Evaluation of linearity in the clinical laboratory. *Arch Pathol Lab Med*, 2004. **128**(10): p. 1078; author reply 1078.
95. MAGARI; RODRIGUEZ, Linearity evaluation of analytical methods that count particles. *Clin Chem Lab Med*, 2004. **42**(2): p. 215-21.
96. DAS, B., Validation Protocol: First Step of a Lean-Total Quality Management Principle in a New Laboratory Set-up in a Tertiary Care Hospital in India. *Indian J Clin Biochem*, 2011. **26**(3): p. 235-43.
97. CARROLL; PINNICK; CARROLL, Probability and the Westgard Rules. *Ann Clin Lab Sci*, 2003. **33**(1): p. 113-4.
98. LAWSON; GILMORE; THOLEN, Multiprogram characterization of laboratory bias, precision, and total error. Proposal for improved assessment with shared external and expanded internal (regional) quality control pools. *Arch Pathol Lab Med*, 1988. **112**(4): p. 454-61.
99. BEWARDER; MULLER, External quality control program for inter-laboratory quality control. *Anticancer Res*, 2000. **20**(6D): p. 5213-6.
100. SASSE; CHEN; MAHUTTE, Variability of arterial blood gas values over time in stable medical ICU patients. *Chest*, 1994. **106**(1): p. 187-93.
101. THORSON, S.H., et al., Variability of arterial blood gas values in stable patients in the ICU. *Chest*, 1983. **84**(1): p. 14-8.
102. PERSON; ZALESKI; FRERICHS, Improving preanalytic processes using the principles of lean production (Toyota Production System). *Am J Clin Pathol*, 2006. **125**(1): p. 16-25.
103. BISSELL, M., Point-of-care testing at the millennium. *Crit Care Nurs Q*, 2001. **24**(1): p. 39-43.
104. GREGORY, K., et al., Implementation of an expanded point-of-care testing (POCT) site inspection checklist in a large academic medical center: implications for the management of a POCT program. *Clin Chim Acta*, 2012. **414**: p. 27-33.
105. LEE, E.J., et al., A point-of-care chemistry test for reduction of turnaround and clinical decision time. *Am J Emerg Med*, 2011. **29**(5): p. 489-95.
106. MIKKELSEN, S., et al., Implementation of the ABL-90 blood gas analyzer in a ground-based mobile emergency care unit. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2015. **23**: p. 54.
107. MAGNY; BEAUDEUX; LAUNAY, [Point care testing in blood gas and electrolyte analysis : examples of implementation and cost analysis]. *Ann Biol Clin (Paris)*, 2003. **61**(3): p. 344-51.

108. ST-LOUIS, P., Status of point-of-care testing: promise, realities, and possibilities. *Clin Biochem*, 2000. **33**(6): p. 427-40.
109. JONES, J.B., A strategic informatics approach to autoverification. *Clin Lab Med*, 2013. **33**(1): p. 161-81.
110. KRASOWSKI, M.D., et al., Autoverification in a core clinical chemistry laboratory at an academic medical center. *J Pathol Inform*, 2014. **5**: p. 13.
111. IIZUKA; KUME; KITAMURA, Multivariate delta check method for detecting specimen mix-up. *Clin Chem*, 1982. **28**(11): p. 2244-8.
112. MIYAMOTO; SHIMIZU; NIWA, Delta check system for detection and further management of laboratory errors. First report. Graphical presentation of results. *Tokai J Exp Clin Med*, 1986. **11**(2): p. 133-43.
113. COLLINSON, P.O., et al., Changes in blood gas samples produced by a pneumatic tube system. *J Clin Pathol*, 2002. **55**(2): p. 105-7.
114. JOSEPH, T.P., Design a lean laboratory layout. *MLO Med Lab Obs*, 2006. **38**(2): p. 24-6, 28-9, 31.
115. HOLDEN, R.J., et al., Healthcare workers' perceptions of lean: a context-sensitive, mixed methods study in three Swedish hospitals. *Appl Ergon*, 2015. **47**: p. 181-92.
116. LEE-LEWANDROWSKI, E., et al., Implementation of a point-of-care satellite laboratory in the emergency department of an academic medical center. Impact on test turnaround time and patient emergency department length of stay. *Arch Pathol Lab Med*, 2003. **127**(4): p. 456-60.
117. HOLOD et al., Calidad en el laboratorio de urgencias: determinación del estado ácido-base. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 2011. **45**(3): p. 447-454.

ANEXO A – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE – 41609015.8.0000.5149

**Interessado(a): Prof. Leonardo de Souza Vasconcellos
Departamento de Propedêutica Complementar
Faculdade de Medicina - UFMG**

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 12 de março de 2015, o projeto de pesquisa intitulado "**Lean healthcare: impacto da implantação da metodologia enxuta na realização de gasometrias em um hospital universitário de alta complexidade**".

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

Prof. Dra. Telma Campos Medeiros Lorentz
Coordenadora do COEP-UFMG

ANEXO B – FORMULÁRIO DE PESQUISA DE SATISFAÇÃO

PESQUISA DE SATISFAÇÃO INTERNA

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa de satisfação interna sobre o Serviço de Medicina Laboratorial da UFPML do HC/UFMG. Ao responder esse questionário, você está concordando em participar desta pesquisa. Sua identificação será preservada e as respostas serão utilizadas como parte do Projeto de Pesquisa intitulado “*Lean healthcare: impacto da implantação da metodologia enxuta na realização de gasometrias em um hospital universitário de alta complexidade*” do Programa de Pós-graduação em Patologia da UFMG – Linha de Pesquisa: Patologia Clínica.

Orientações: Como o projeto está focado no atendimento às solicitações de gasometria arterial e venosa do Serviço de Emergência do Pronto Socorro, para responder favor considerar apenas as solicitações destes exames. Preencha os dados abaixo e marque com um “X” a opção correspondente à sua resposta, atribuindo uma nota de 1 (insatisfeito) a 4 (muito satisfeito) para cada item.

Profissão: () médico plantonista/preceptor () médico residente

Sexo: () Masculino () Feminino

Idade: () < 30 anos () 30-50 anos () > 50 anos

Tempo de trabalho: () <5 anos () 5-10 anos () 10-15 anos () >15 anos

Período de trabalho: () diurno () noturno () ambos.

Especialidade: _____

1 – Com relação ao **tempo de coleta** das gasometrias arterial e venosa **solicitadas na rotina**, você está:

() 4- Muito satisfeito () 3- Satisfeito () 2 -Pouco satisfeito () 1- Insatisfeito

2 – Com relação ao **tempo de coleta** das gasometrias arterial e venosa solicitadas **na urgência**, você está:

() 4- Muito satisfeito () 3- Satisfeito () 2 -Pouco satisfeito () 1- Insatisfeito

3 – Com relação ao **tempo de liberação dos resultados** das gasometrias arterial e venosa, você está:

4- Muito satisfeito 3- Satisfeito 2 -Pouco satisfeito 1- Insatisfeito

4 – Com relação a **confiabilidade dos resultados** das gasometrias arterial e venosa, você está:

4- Muito satisfeito 3- Satisfeito 2 -Pouco satisfeito 1- Insatisfeito

Você teria alguma sugestão ou crítica em relação ao exame de gasometria prestado pelo Serviço de Medicina Laboratorial do HC/UFMG?

Equipe:

Aluno: Gustavo Oliveira Gonçalves - (31) 8602-9252

Orientador: Prof. Leonardo de Souza Vasconcellos - (31) 3409-9774