

NOTA TÉCNICA

APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR PARA REDUÇÃO DOS DESPÉRDÍCIOS DA PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO DE UMA FÁBRICA DE ARTEFATOS DE SOLO-CIMENTO

Application of value flow mapping to reduce production waste: case of a soil-cement artifacts factory

Flávio de Carvalho Araújo¹, Tatiana Gondim do Amaral²


PALAVRAS CHAVE:

Mapeamento de fluxo de valor;
 Solo-cimento;
 Produção enxuta;
 Mapa de estado atual;
 Mapa de estado futuro;

KEYWORDS:

Value stream mapping;
 Soil-cement;
 Lean production;
 Current state map;
 Future state map.

RESUMO: O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) resgata a transparência dos processos à gerência de produção, possibilitando a eliminação das atividades que não agregam valor e otimiza a conversão. O presente trabalho objetivou a redução dos desperdícios do processo produtivo de uma empresa de artefatos de solo-cimento, utilizando a ferramenta de produção enxuta, o Mapeamento de Fluxo de Valor a qual auxiliou na detecção de problemas com utilização em demasia de tempo para algumas etapas da produção de um dos materiais produzidos, o tijolo ecológico. Em análise conjunta com o levantamento do layout do chão de fábrica, foi elaborado o Mapa de Estado Atual, que ressalta os tempos e ilustra os conflitos que geram desperdícios, por esse caminho, foi possível a elaboração do Mapa de Estado Futuro, o qual propõe uma nova perspectiva de redução dos tempos pela readequação do posicionamento dos insumos e alguns equipamentos. Como principais contribuições foi possível minimizar problemas no processo produtivo. E ainda reduzir os desperdícios com: matéria-prima; homem/hora; geração de resíduos.

ABSTRACT: This paper aimed to reduce of wastes in the production process of a soil-cement artifacts company using lean production tool, the Value Stream Mapping which contributed to detect problems with using too much time for some steps production one of the materials produced, the ecological brick. At a joint analysis with the survey of the layout of the factory floor, the Current Status Map has been prepared, which highlights the times and shows the conflicts that generate waste, that way, the development of the Future State Map was possible, which proposes a new perspective of reducing times by readjusting the positioning of supplies and some equipment.

* Contato com os autores:

Publicado em 24 de maio de 2022

¹ e-mail: fcaraujo40@gmail.com (F. C. Araújo)

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil (PPG-GECON) da Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA) da Universidade Federal de Goiás (UFG)

² e-mail: tatiana_amaral@hotmail.com (T. G. Amaral)

Engenharia Civil, Doutora, Docente, Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Abdulmalk e Rajgopal (2007) com a finalidade de perdurarem no mercado globalizado, grandes empresas têm adotado a manufatura enxuta e priorizado a redução de custos com a eliminação de atividades que não agregam valor ao cliente.

Nesse contexto Chen e Meng (2010) reforçam os princípios da mentalidade enxuta do STP e vem ao encontro com considerações de Womack e Jones (2004) e destacam que todo o trabalho deve ser triado e as perdas devem ser classificadas. Assim, retomam a identificação das três partes do processo produtivo, sendo que a primeira é o trabalho com valor agregado que o cliente está disposto a pagar. O segundo são as atividades auxiliares que são importantes para o processo, que dão suporte às etapas de valor, mas que não agregam valor. E por fim a identificação das atividades que adicionam tempo, esforços e custos e que não possuem valor agregado ao processo, são as chamadas perdas.

Haefner et. al. (2014) enfatizam, entretanto, que é necessária a adoção de soluções adequadas, para a observância da cadeia de processos, sem a perda da qualidade da produção. Eles destacam, ainda, a aplicação de técnicas para dar suporte à análise da configuração dos processos. Assim o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta, que contribui para identificar as falhas do controle de qualidade e tornar o planejamento um instrumento mais eficiente.

Destaca-se na literatura vários autores que aplicaram o Mapeamento do Fluxo de Valor em áreas afins à construção civil e outras, tais como Salgado et. al. (2009), Goriwondo et. al. (2011), Tyagi et. al. (2015), Mahfouz et. al. (2011), Chiochetta e Casagrande (2007), Rahani e Al-Ashraf (2012).

Um dos entraves, relacionados por Abdulmalk e Rajgopal (2007) é quanto a hesitação dos gerentes na adoção das ferramentas e técnicas enxutas. Porém os autores destacam que vencida a etapa de adaptação, os processos readequados trazem uma ordenação mais objetiva ao conjunto do processo.

2 OBJETIVOS

Propor um rearranjo e adequações de layout para minimizar os desperdícios de produção, considerando o estudo de caso de uma fábrica de artefatos de solo-cimento.

3 METODOLOGIA

Em uma primeira etapa da pesquisa foi caracterizado o sistema de produção da fábrica e seus produtos gerados. Os dados foram levantados com o gerente, equipe técnica e operários da fábrica.

Em uma segunda etapa, foi levantado o layout do chão de fábrica para análise dos movimentos dos funcionários e as distâncias percorridas, durante a produção, bem como o posicionamento dos equipamentos, insumos e área de cura. Avaliou-se as perdas na produção por deslocamentos desnecessários e com distâncias que poderiam ser reduzidas para otimizar a produção.

A compreensão do fluxo das atividades foi relevante para focar na redução de desperdícios e condicionar da agregação de valor das etapas e produtos aos clientes.

Adotou o MFV das operações, com a medição dos tempos para cada atividade durante a produção. Considerou-se o tempo de ciclo, tempo de troca, *takt time*, *lead time* e tempo de agregação de valor.

Essas medições permitiram determinar um Mapa de Estado Atual, que analisou o cumprimento do atendimento à demanda e suas possíveis falhas, bem como contribuiu para prever o ritmo ao sistema de produção, no desenvolvimento do Mapa de Estado Futuro (MEF), que foi estabelecido através de readequações no layout, com ajustes nas posições de equipamentos e insumos, de maneira a otimizar o tempo dos funcionários e promovendo o aumento da produtividade.

4 OBJETO DE ESTUDO

4.1 EMPRESA

A empresa possui quatro funcionários com contrato direto, sendo que dois trabalham na produção, sendo responsáveis pela fabricação dos artefatos e os outros dois no setor administrativo; onde são planejadas as produções e a ordenação do atendimento aos clientes e fornecedores.

Após as etapas de cura, os pedidos são encaminhados à um terceirizado, que cuida do transporte e entrega dos artefatos.

4.1 OS PRODUTOS FABRICADOS

São produzidos na empresa Artefatos de Solo-Cimento: três tipos de tijolos e um tipo de piso de terra comprimidos (solo-cimento), com três variações de materiais para cada tipo e com dimensões constantes de: 12,5 cm (l) x 25,0 cm (c) x 7,0 cm (h), totalizando doze materiais, que podem ser produzidos na fábrica e que são normalizados de acordo com as normas da ABNT, em atendimento aos seus requisitos e métodos de ensaios, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1: Artefatos produzidos na Empresa e as normas específicas.

Artefato Produzido	Norma - Requisitos	Norma – Métodos de Ensaios
Tijolo ou Bloco de Terra Comprimida (BTC)	NBR 10834 (ABNT, 2012)	NBR 10836 (ABNT, 2013)
Tijolo Maciço de terra comprimida	NBR 10834 (ABNT, 2012)	NBR 10836 (ABNT, 2013)
Piso intertravado de terra comprimida	NBR 9781 (ABNT, 2013)	NBR 9781 (ABNT, 2013)

FONTE: ABNTs citadas na tabela.

De acordo com os procedimentos da NBR 10836 (ABNT, 2013), os blocos de solo-cimento devem possuir uma resistência igual ou superior à 2,0 Mpa e taxa máxima de absorção de água de 20%.

Todos os agregados utilizados atendem aos critérios da NM 52 (ABNT, 2009) segundo classificação dos materiais como: grãos ou miúdos. O principal material produzido é o tijolo ecológico produzido com argila vermelha (terra de escavação) da própria região, retirado de escavação licenciada pela agência ambiental estadual, com granulometria definida como miúda. A areia é classificada com tamanhos de partículas miúdas.

O ligante utilizado é o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial, Ciplan CPV – ARI RS, com alta resistência a sulfatos.

As composições definidas para proporcionamento e produção dos tijolos é de 1:9 (cimento: agregados), sendo utilizados 10% de cimento, 10% de areia e 80% de argila. Não foi adotado nenhum tipo de aditivos.

5 RESULTADOS

5.1 O processo de fabricação

5.1.1 Chegada e armazenamento dos insumos

A programação para os pedidos de insumos são determinados no final de cada semana, assim como a frequência das entregas e suas quantidades (Tabela 2). As entregas são parciais, dimensionadas conforme o espaço para estocagem.

TABELA 2: Entrega dos Insumos - Frequência e quantidades.

INSUMO	FREQUÊNCIA	QUANTIDADE	TOTAL/ MÊS
Argila Vermelha	2x por semana	18m ³	144m ³
Argila Branca	1x por mês	18m ³	32m ³
Areia	1x por mês	18m ³	32m ³
Agregado	1x por mês	12m ³	12 m ³
Cimento	1x por semana	90 sacos	360 sacos

FONTA: Autoria Própria.

Observou-se que a fábrica não possui um sistema adequado para armazenamento dos agregados. A argila vermelha, que é o principal agregado utilizado, fica estocada em área externa e descoberta (Figura 1a), existe, portanto, variação das propriedades desse insumo, por perda/ganho de umidade, por estar exposto a intempéries. Os demais agregados ficam estocados dentro do galpão da fábrica, essa área possui controle (portão) e acesso direto.

Os materiais são descarregados diretamente no piso (solo natural), soltos, não existem baias de separação entre argila branca e a areia (Figura 1b). Percebe-se que ocorre a mistura desses materiais. O cimento fica corretamente armazenado em paletes e fora do contato com umidade.



FIGURA 1: (a) Imagem do armazenamento da argila vermelha em área externa; (b) Imagem do armazenamento da areia e argila branca e areia em espaço coberto.

FONTA: Autoria Própria.

5.2 O PROCESSO DE DOSAGEM

As dosagens dos insumos acontecem próximas a área da caçamba dosadora, porém são realizadas aleatoriamente, conforme observado no questionamento feito ao funcionário, que desempenha a atividade. O funcionário não soube informar sobre o volume de pás ou padiolas que é empregado para cada agregado no traço (Figura 2a).

5.2.1 O processo de mistura dos insumos

Após o proporcionamento dos insumos, a caçamba de dosagem é levada por mecanismo mecânico, até o misturador. Em seguida o conteúdo da caçamba é lançado no misturador e iniciasse a mistura dos elementos sem adição de água. Após essa etapa, adiciona-se água. Novamente se percebe que não há um critério definido para a adição da água, não há uma dosagem específica, o funcionário a faz empiricamente (Figura 2 b).



FIGURA 2 : (a) Dosador carregado; (b) Imagem do misturador sem adição de água.

FONTE: Autoria Própria.

5.2.2 Carregamento silo e prensagem

Depois da etapa da mistura, a massa pronta vai para o silo da prensa, através da correia transportadora (Figura 3a). A prensa é carregada e em seguida o tijolo é prensado (Figura 3b).



FIGURA 3 : (a) Imagem do silo da prensa; (b) Imagem da prensa carregada.

FONTE: Autoria Própria.

5.2.3 Paletização

A paletização é realizada na sequência de prensagem de cada tijolo. O palete é posicionado em uma plataforma rotativa (Figura 4a). O Funcionário B retira o bloco prensado da fôrma e já o posiciona no palete (Figura 4b).



FIGURA 4 : (a) Imagem da plataforma rotativa do palete; (b) Imagem do palete carregado.

FONTE: Autoria Própria.

5.2.4 Capacidade de produção diária

A fábrica produz a quantidade que consegue absorver levando em conta as limitações da mão de obra. O gerente afirma que a demanda está sempre acima da capacidade produzida pela fábrica. A produção fica em média 3000 peças/dia. A capacidade de produção da máquina, segundo o fabricante é de 4000 peças/dia.

6 DIAGNÓSTICO

A Figura 5 ilustra a fábrica com os movimentos dos dois funcionários envolvidos na produção dos artefatos e suas respectivas distâncias percorridas. A Tabela 3 evidencia que o funcionário “A” (em verde) percorre 1740,9 metros entre as atividades de cada dia de trabalho. Enquanto o funcionário “B” (em vermelho) percorre 2633,70 metros. Dessa forma se observa que há uma grande perda com deslocamentos desnecessários, devido às distâncias entre insumos e os equipamentos.

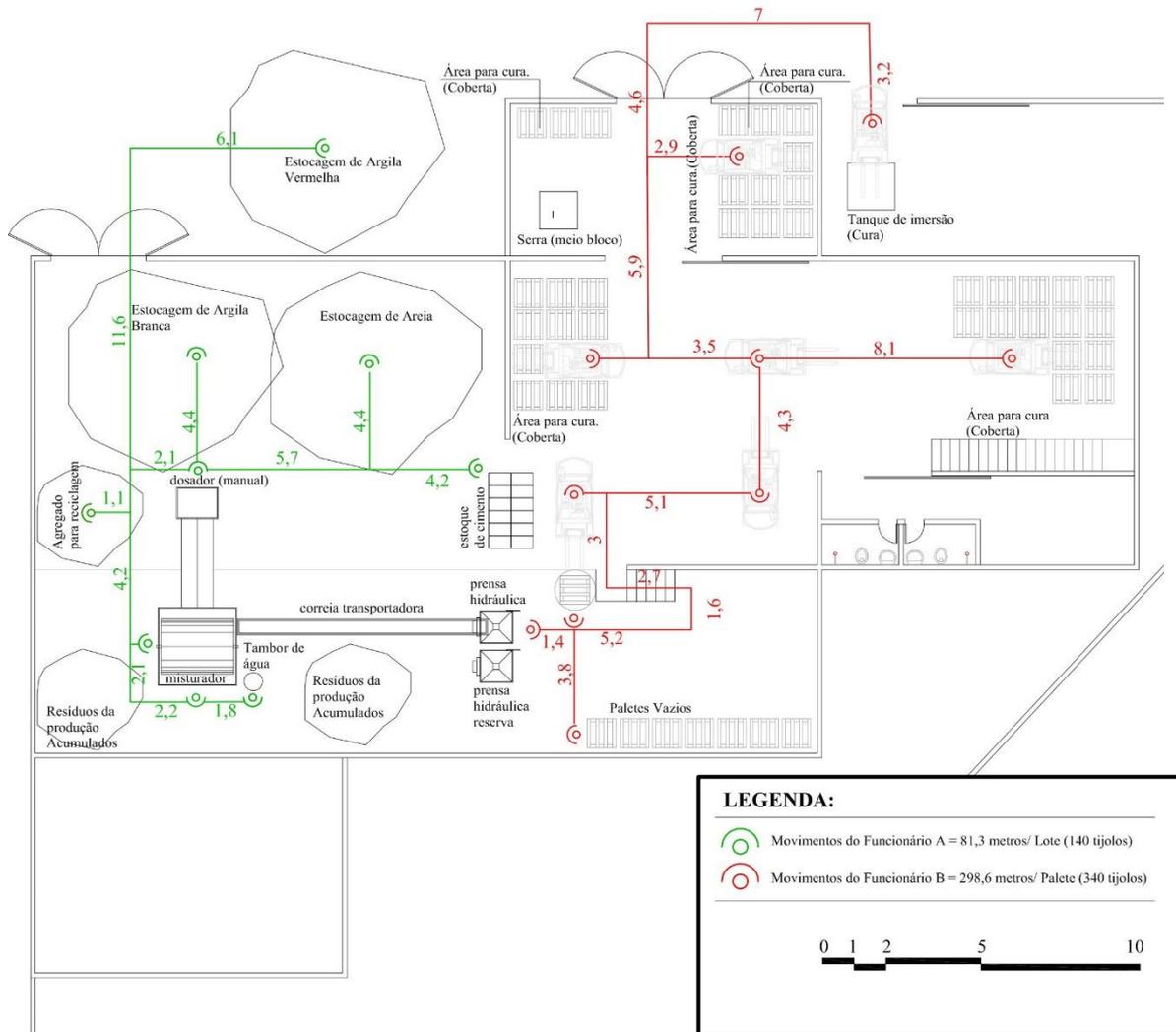


FIGURA 5 : Planta com trajeto e distância dos movimentos de produção.

FONTE: Autoria Própria.

TABELA 3: Distâncias dos movimentos de produção - Atual			
FUNCIÓNÁRIO A	DISTÂNCIAS	FUNCIÓNÁRIO B	DISTÂNCIAS
(por Lote - 140 tijolos)	(em metros)	(por Paleta - 340 tijolos)	(em metros)
Argila	33,0	Substituição Paleta	3,8
Areia/ Lote	16,8	Prensagem e Paletização (340 blocos)	238
Cimento	10,4	Transporte Paleta (cura) Ida e volta	56,8
Controle Misturador	12,44	-	-
Retirada dos resíduos	8,6	-	-
Distância para um Lote	81,3	Distância por paleta	298,6
Distância por Dia	1740,9	Distância por dia	2633,7

FONTE: Autoria Própria.

Com o levantamento do fluxo das atividades (Tabela 4), foram medidos os tempos de cada etapa. O que possibilitou determinar o mapa de fluxo de atual (Figura 6) da fábrica e a sua análise permitiu identificar os desperdícios de todas as fases.

TABELA 4: Sequência de atividades para produção dos tijolos

N°	Atividades desenvolvidas durante o ciclo de produção (Dosagem até paletização para cura)	N°	Atividades desenvolvidas durante o ciclo de produção (Dosagem até paletização para cura)
1	Dosagem cimento	12	Preparação e carregamento do silo da prensa.
2	Dosagem areia	13	Carregamento da forma
3	Dosagem argila	14	Prensagem
4	Transporte do traço até misturador	15	Retirada e colocação no palete
5	Carregamento do misturador	16	Repetição dos itens 3.1.5.9 e 3.1.5.10 e 3.1.5.11 até o término do volume do Silo da prensa.
6	Mistura dos insumos sem água	17	Carregamento do silo da prensa.
7	Adição de água (manual – empírica)	18	Carregamento total do palete
8	Mistura dos insumos com água	19	Transporte do palete até a área de cura
9	Verificação da consistência (empírico)	20	Molhagem dos paletes duas vezes ao dia (7 dias)
10	Mistura para finalização da homogeneização	21	Imersão dos paletes no tanque
11	Peneiramento e carregamento das correias transportadoras	22	Carregamento dos paletes no caminhão

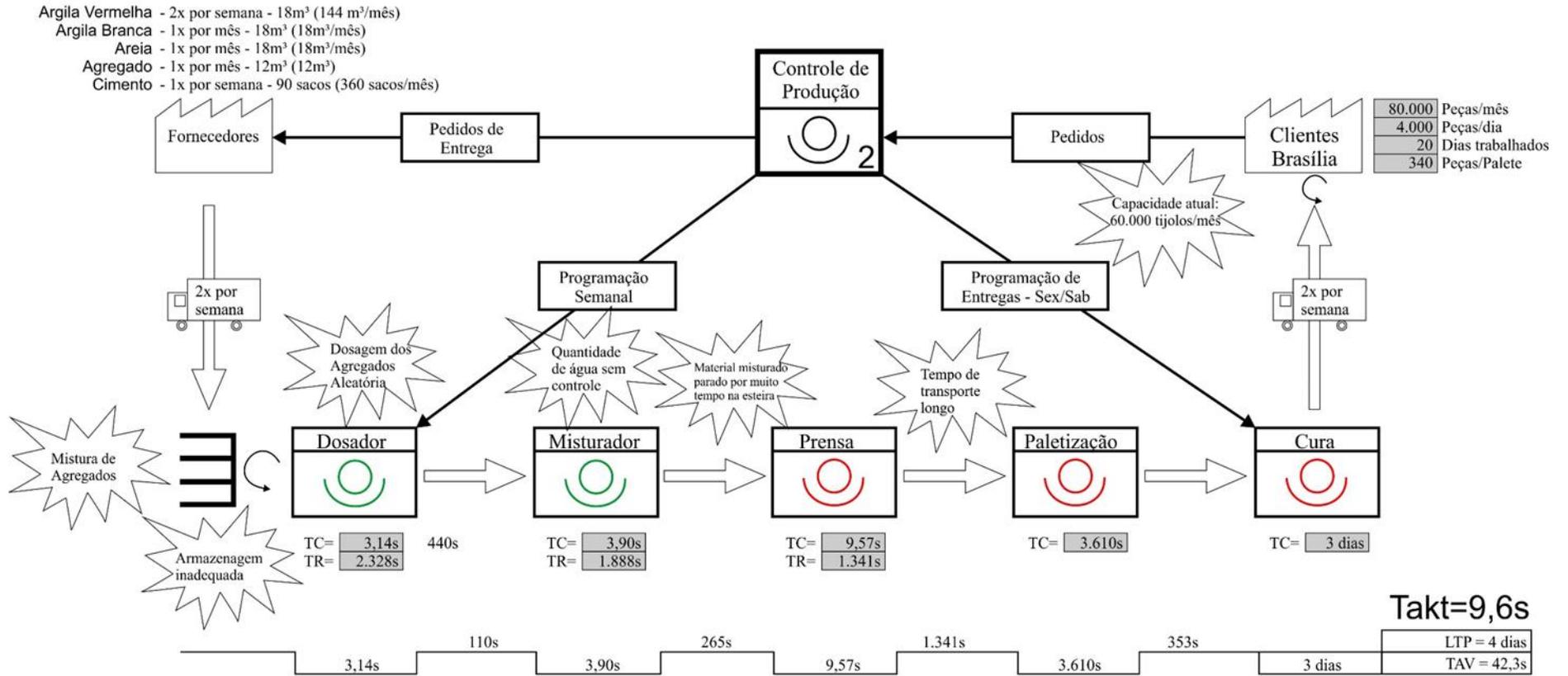


FIGURA 6 : Mapa do Estado Atual.

FONTE: Autoria Própria.

A Tabela 5 evidencia algumas etapas identificadas e que geram um maior tempo de execução, durante o processo de produção dos tijolos.

Os mesmos foram também indicados no mapa de fluxo atual, como uma necessidade de melhoria (*kaizen*). Na Tabela 5 se determina as medidas adotadas para correção dos desperdícios. De forma à serem explorados e definidas situações de readequação no mapa de estado futuro.

TABELA 5: Identificação dos problemas e medidas adotadas		
Nº	PROBLEMAS IDENTIFICADOS NO LEVANTAMENTO	MEDIDAS À SEREM ADOTADAS
1	Recebimento de materiais sem controle de qualidade	Adotar critérios para recebimento de cada tipo de insumo.
2	Mistura dos agregados diferentes	Criação de baias para separação.
3	Armazenagem inadequada - Agregado descoberto, recebendo umidade.	Adequar local de armazenagem (cobertura).
4	Dosagem de agregados sem controle	Especificar dosagem ideal para cada material - Treinamento.
5	Quantidade de água, para traço, sem controle	Especificar dosagem de água para cada traço diariamente.
6	Massa misturada parada por muito tempo na esteira (perda de umidade)	Checar o motivo da demora e otimizar o tempo de espera.
7	Tempo longo de transporte dos paletes para área de cura.	Reduzir a distância percorrida entre paletização e área de cura.
8	Produção mensal abaixo da demanda solicitada	Reduzir os desperdícios de tempo de produção e aumentar a produtividade.

FONTE: Autoria Própria.

Após o período de cura parcial das peças, por 4 dias, elas estão com resistência apropriada para transporte. Porém não foram realizados testes para determinar se essa idade é a mínima ideal para transporte. Visto que, segundo a NBR 10836 (ABNT, 2013) o tempo de cura ideal das peças é de 21 dias. Mas, o fato de usar o cimento Portland de alta resistência inicial, na produção, pode contribuir para diminuir o tempo de cura.

7 PROPOSTA DE ESTADO FUTURO

Na Figura 7 se apresenta novo layout para redução dos movimentos dos funcionários A e B. Observa-se a redução significativa, de distâncias percorridas em ambos os casos.

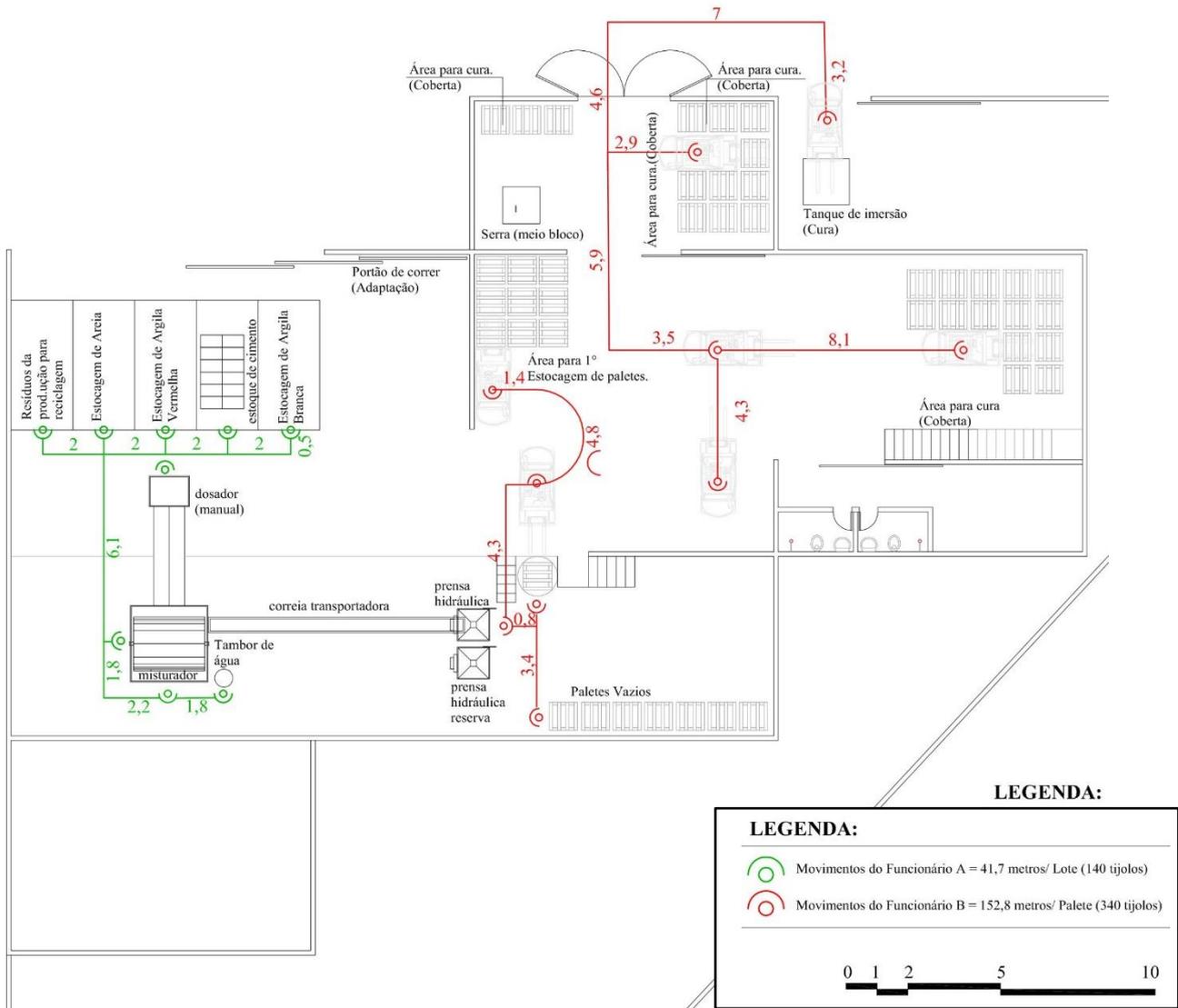


FIGURA 7 : Novo Lay-out com distâncias dos movimentos otimizados.
FONTE: Autoria Própria.

Na Tabela 6 são apresentadas as distâncias à serem percorridas pelos funcionários A e B, após a readequação do *layout*. O novo layout faz a reordenação da localização dos insumos, de maneira a reduzir os espaços ocupados pelos materiais, bem como a diminuição das distâncias entre a dosagem e a coleta dos materiais. Essas medidas ocasionaram uma relevante redução nas distâncias percorridas diariamente e consequentemente, redução no tempo de produção.

Assim o funcionário A, que percorria uma distância de 81,3 metros para elaborar um traço de massa dos tijolos. O que resultava em 1740,9 metros diários, passou a percorrer 41,7 m/traço ou 892,6 m/dia. Uma redução de 48,72% de diferença entre o novo *layout* e o antigo.

TABELA 6: Distâncias dos movimentos de produção - Proposta			
FUNCIONÁRIO A	DISTÂNCIAS	FUNCIONÁRIO B	DISTÂNCIAS
(Por Lote - 140 tijolos)	(Em metros)	(Por Palete - 340 tijolos)	(Em metros)
Argila	7,5	Substituição Palete	3,4
Areia/ Lote	3,3	Prensagem e Paletização (340 blocos)	136
Cimento	2,0	Transporte Palete (cura) Ida e volta	13,4
Controle Misturador	12,44	-	
Retirada dos resíduos	16,4	-	
Distância para um Lote	41,7	Distância por palete	152,8
Distância por Dia	892,6	Distância por dia	1347,7

FONTE: Autoria Própria.

A distância percorrida do funcionário B entre um traço e outro era de 298,6 metros, resultando em 2.633,7 metros diários. Com a nova proposta, ele passou a percorrer 152,8 metros em um traço e consequentes 1347,7 ao longo do dia. O que ocasionou uma redução de 48,82%.

Na Figura 8 se ilustra o mapa de estado futuro, que revela os novos tempos do processo. Como resultado os dados de *takt time*, o qual se obteve uma redução de 9,6s para 7,2s.

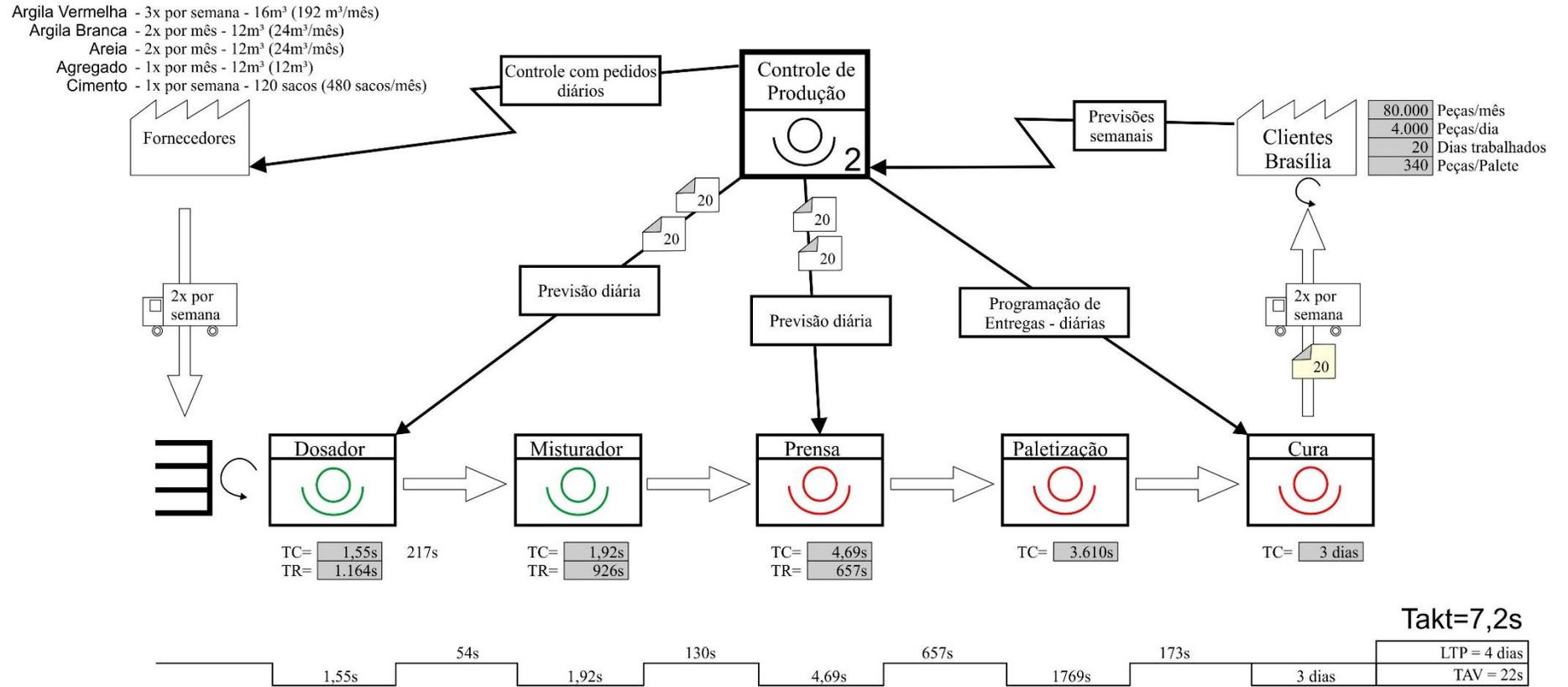


FIGURA 8 : Mapa do Estado Futuro.

FONTE: Autoria Própria.

8 CONCLUSÕES

O rearranjo do *layout*, possibilitado através do levantamento sequencial das atividades, viabilizou a organização do espaço de produção, compactando os espaços e promovendo uma transparência de todo o sistema produtivo, o que resultou na redução das distâncias percorridas pelos funcionários e conseqüentemente na diminuição do *lead time*.

Dessa maneira, o ganho de tempo produtivo refletiu no aumento de produtividade e permitiu um aumento da quantidade de tijolos produzidos, de forma que passou a atender a demanda mensal solicitada à fábrica.

9 REFERÊNCIAS

- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 52: **Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834**: Bloco de solo-cimento sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10836**: Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- Chen, L., Meng, B., 2010. **The application of value stream mapping based lean production system**. International Journal of Business and Management 5, p203.
- Chiochetta, J.C., Casagrande, L.F., 2007. **Mapeamento do Fluxo de Valor aplicado em uma pequena indústria de alimentos**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção–ENEGEP, Foz do Iguaçu.
- Greef, A.C., Freitas, M. do C.D., 2012. **Fluxo enxuto de informação: um novo conceito**. Perspectivas em Ciência da Informação, Belo Horizonte 17, 37–55.
- Haefner, B., Kraemer, A., Stauss, T., Lanza, G., 2014. **Quality Value Stream Mapping**. Procedia CIRP 17, 254–259. doi:10.1016/j.procir.2014.01.093.
- Irani, S.A., Zhou, J., 2000. **Value stream mapping of a complete product**. Department of Industrial, Welding and Systems Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH 43210.
- Lynch, D.P., Belt, S.M.B., 2014. **Enhancing the Effectiveness of Value Stream Mapping**.
- Mahfouz, A., Crowe, J., Arisha, A., 2011. **Integrating Current State and Future State Value Stream Mapping with Discrete Event Simulation: A Lean Distribution Case Study**, in: SIMUL 2011, The Third International Conference on Advances in System Simulation. pp. 161–168.
- Salgado, E.G., Mello, C.H.P., Silva, C. d, Oliveira, E. d S., Almeida, D. d, 2009. **Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos**. Gestão e Produção 16, 344–356.
- Stamm, M., Neitzert, T., 2008. **Value stream mapping (VSM) in a manufacture-to-order small and medium enterprise**.
- Suciu, E., Apreutesei, M., Arvinte, I.R., 2011. Value stream mapping-a lean production methodology. The USV Annals of Economics and Public Administration 11, 184–196.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade Enxuta nas empresas Lean Thinking**. São Paulo, Campus, 2004.